

연료절감형 미역가공 기계처리장치(자숙기) 개발
A study on the development of the fuel saving type
seaweed treatment equipment

자숙부 및 보일러부의 기본설계와 재료시험
자동화부속장치의 기본설계 및 제작
자숙기 현장적용시 문제점도출

2002. 12.

주관연구기관 : 목포해양대학교
협동연구기관 : 목포지방해양수산청
완도수산기술관리소

해 양 수 산 부

제 출 문

해양수산부 장관 귀하

본 보고서를 “연료절감형 미역가공 기계처리장치(자숙기) 개발”에 관한 연구과제의 최종보고서로 제출합니다.

2003 년 1 월 24일

주관연구기관명 : 목포해양대학교

총괄연구책임자 : 최 주열

연 구 원 : 신 상현

협동연구기관명 : 목포지방해양수산청

완도수간기술관리소

협동연구책임자 : 황 경렬

요 약 문

I. 제 목

연료절감형 미역가공 기계처리장치(자숙기) 개발

II. 연구개발의 목적 및 중요성

본 연구의 목표는 생미역과 다시마를 채취하여 가공하기 위한 처음 단계이면서 고유의 맛과 질이 결정되는 가장 기본적인 자숙과정을 행할 때 사용되는 자숙기의 효율성 향상에 있다. 현재와 같은 처리수의 수온이 일정히 유지되지 못하는 등 자동화 수준이 낮아 품질과 생산성이 저하되고, 열효율이 낮고 수명이 짧은 연관 보일러식 자숙기를 가격은 어민에게 큰 부담이 되지 않으면서 작동하기 쉽도록 자동화하고 열효율을 높여 연료소비량을 획기적으로 낮추고 사용연한이 긴 연료절감형 자숙기를 개발하는 것이 목표이다.

연료절감형 자숙기를 개발함에 있어 근본으로 하는 연구개발의 기본방향을 다음과 같이 정하였다.

- 1) 어민에게 경제적인 부담이 되지 않도록 자숙기의 생산가격을 저렴하게 한다.
- 2) 자숙기의 열효율을 높여 획기적인 연료절감효과를 갖는다.
- 3) 미역제품의 부가가치를 창출할 수 있는 자숙기를 개발한다.
- 4) 자숙기의 운전자가 비전문가이며, 고령화되어 있다는 점을 감안하여 자숙기의 작동이 단순하면서도 쉽도록 자동화한다.
- 5) 운전재해를 발생하지 않는 고기술의 자숙기를 개발한다.

III. 연구개발 내용 및 범위

1차년도

- 1) 연관식 자숙기의 설계상, 운전상 문제점 추출 및 개선사항 정밀분석
- 생산업체 및 가공업체 방문조사

- 표준화 작업
 - 개선사항 정밀분석
- 2) 연관 보일러식 자숙기의 기본설계
- 노통(furnace)과 연관(smoke tube)을 조립식화하여 보수비용의 최소화
 - 연소효율의 개량 및 연소개스의 흐름분석
 - 열응력제거를 위한 물순환장치의 설계와 개발
 - 자숙기 용량에 따른 표준설계
 - 대량, 연속적 자숙시 최적 해수온도(90~95 ℃) 유지를 위한 물순환 시스템 개선
- 3) 자동화설비의 자료수집, 설계 및 제작
- 보일러 물 순환기
 - 이송 롤러 및 콘베이어
 - 수위 및 온도조절장치
 - 급수예열기
 - 공기예열기
 - 절수롤러장치
 - 그을림 제거기

2차년도

- 1) 시제품제작
- 노통과 연관을 조립식화
 - 연소효율 계산 및 연소개스의 흐름분석
 - 열응력제거를 위한 물순환상태 확인 및 자숙기의 전체적인 온도분포 확인
 - 자숙기 용량에 따른 표준설계도 작성
 - 대량, 연속적 자숙시 해수온도의 일정유지 확인
 - 참여기업과 공동으로 모델에 의한 시제품 제작
- 2) 각종 자동화장치를 장착하고 이들의 작동상태, 운전효율, 운전의 안정성 확인
- 보일러 물 순환기
 - 이송 롤러 및 콘베이어
 - 수위 및 온도조절장치
 - 급수예열기
 - 공기예열기
 - 절수롤러장치
 - 그을림 제거기
- 3) 대량, 연속적 자숙시 미역제품의 품질확인

4) 시제품 자숙기의 경제성 분석

- 연료절감효과 확인
- 보수비용 분석확인
- 사용가능 연한 예측 및 확인

5) 기술이전 및 실용화

- 표준화설계에 의한 제품생산 및 현장에서의 자숙능력 확인
- 자숙기생산업체의 관련자 기술세미나 개최, 생산 및 운전기술보급, 기술자문
- 특허출원

IV. 연구개발결과

1) 자숙기 운전중 물순환 불량에 의하여 처리수의 온도차가 발생하고 이 열응력에 의하여 자숙기의 부동팽창과 크랙이 발생하여 장치의 수명을 단축시키고 보수비용이 증가하는 원인이 되었다. 또한 균일한 처리수 온도유지가 어려워 미역제품의 품질저하를 초래하였다.

이를 막기 위하여 물순환기를 설치하는 등 자숙기의 물순환시스템을 개선하였으며, 처리수의 수위와 온도를 자동조절하는 시스템을 갖추어 미역 생산제품의 질을 향상시켜 부가가치를 높였다.

2) 기존의 제품은 연료유 연소시스템의 불량과 폐열이용율이 매우 낮아 운전비용이 과다 지출되었다. 이를 해결하기 위하여 점화시스템을 개선하였고 절수롤러 장치, 급수예열기와 공기에열기를 설치하여 열효율을 증가시켰다.

3) 불완전 연소시 발생하는 그으름(soot)을 제거하기 위하여 그으름제거장치를 개발하여 높아가는 환경문제에 대처하였다.

4) 자숙기의 운전자가 기계에 전문적 지식을 갖지 못한 현지의 노령자임을 감안하여 자숙기의 운전이 비교적 단순하고 고도의 지식을 요하지 않는 반자동식으로 하여 분해작업 및 보수가 용이하도록 하였다. 또한 작업중 뜨거운 처리수에 의한 화상이나 역화(Back Fire)에 의한 산업재해를 막을 수 있는 장치를 채택함으로써 자숙기 운전 중 발생하는 재해를 최소화하였다.

V. 연구개발결과의 활용계획

- 1) 연료절감형 연관식 자숙기 본체와 부속장치들의 표준설계도를 작성하여 자숙기 제작업체에 공급함으로써 연구결과가 실질적으로 해조류 가공기계 제작업체의 기술력 향상으로 이어질 수 있도록 한다.
- 2) 시제품의 성능시험이 완료될 때 자숙기 생산업체의 관련자의 세미나를 소집하여 생산 및 운전기술을 보급하고 애로사항에 대한 기술지도를 한다.
- 3) 자숙기의 가격과 기술에 대한 경쟁력을 제고할 수 있도록 한다.
- 4) 해수에서도 안정적으로 작동할 수 있는 자동화 부속기기를 개발하여 기타 해수 중에서 처리하는 장비들에도 응용시킨다.

S U M M A R Y

The aim of this study is to increase the thermal efficiency of a parboiler which is used to parboil brown seaweeds (*Undaria pinnatifida*) and tangleweeds. Brown sea weeds and tangleweeds are scalded first for further processing upon harvesting. The parboiling is initial and important processing by which the quality and taste of finished products of a brown seaweed would be determined. Since smoke-tube type parboilers currently used are with far less automation, the temperature of parboiler water can not be maintained within the allowable range between upper and lower limits, and the thermal efficiency is quite low. In addition the span of life of the parboilers is also short.

In this project promotion of the overall efficiency of a smoke-tube type parboiler was aimed so that consumers can have a parboiler with relatively low purchasing price with high automation and with considerably increased thermal efficiency. The prolonged life of the parboiler was also targeted.

1. Extracting the problems and analysing feasible improvements on designing and operating of the smoke-tube type parboilers.
 - Om-site investigation of parboiler's builders and processing industries
 - Normalization
 - Close examination of items to be improved

2. Basic design of a smoke-tube type parboiler
 - Minimizing the maintenance cost by making the tube and furnace demountable
 - Analyzing the flow of combustion gas and improving the combustion efficiency
 - Development and design of the water circulation equipment for reducing thermal stresses
 - Standardized designing a parboiler based on the parboiler capacity
 - Improving the water circulation system for maintaining the water temperature at the optimum level on full and continuous load of a parboiler

3. Data collection, design and manufacture of automatic equipments
 - Boiler water circulation system
 - Water level and temperature control equipment
 - Feed water heater
 - Air pre-heater
 - Water saving roller equipment
 - Soot removal system

4. Operating condition, working efficiency and stability ensurance of automation equipments
 - Boiler water circulation system
 - Water level and temperature control equipment
 - Feed water heater
 - Air pre-heater
 - Water saving roller equipment
 - Soot removal system

5. Confirm the quality of brown sea weeds at full and continuous load of a parboiler

6. Economic analysis of a parboiler

CONTENTS

| | |
|---|----|
| Chapter 1. Summary of the study ----- | 10 |
| Section 1. Necessary of the study ----- | 10 |
| Section 2. Objective of the study ----- | 14 |
| Section 3. Scope of the study ----- | 15 |
| | |
| Chapter 2. The present situation of technique development ----- | 16 |
| | |
| Chapter 3. Contents and results of the study ----- | 17 |
| Section 1. Method of the study ----- | 17 |
| Section 2. Contents of the study ----- | 20 |
| Section 3. Results of the study ----- | 22 |
| | |
| Chapter 4. Achievement degree of the objects and contribution degree to the correlated field ----- | 58 |
| | |
| Chapter 5. Application plans of the results ----- | 66 |
| | |
| Chapter 6. Appendix ----- | 67 |
| | |
| Chapter 7. References ----- | 78 |

목 차

| | | |
|--------------------------|-------|----|
| 제 1 장 연구개발과제의 개요 | ----- | 10 |
| 1절 연구개발의 필요성 | ----- | 10 |
| 2절 연구개발의 목적 | ----- | 14 |
| 3절 연구개발의 범위 | ----- | 15 |
| 제 2 장 국내외 기술개발 현황 | ----- | 16 |
| 제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과 | ----- | 17 |
| 1절 연구개발 수행방법 | ----- | 17 |
| 2절 연구내용 | ----- | 20 |
| 3절 연구결과 | ----- | 22 |
| 제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도 | ----- | 58 |
| 제 5 장 연구개발결과의 활용계획 | ----- | 66 |
| 제 6 장 연구관련 부록 | ----- | 67 |
| 제 7 장 참고문헌 | ----- | 78 |

제 1 장 연구개발과제의 개요

1절 연구개발의 필요성

인간은 식량과 유용자원을 대부분 식물에 의존하고 있으며 지질이나 기후 등을 고려할 때 육지 전 면적의 10%만을 이용하고 있는 실정이므로 식량증산을 위해서는 지구 표면적의 70%를 차지하는 광대한 바다에서 서식하는 해조류를 적극적으로 이용하는 것이 당연한 것이다. 그중 미역은 무기질과 비타민의 공급원으로 부드러운 맛과 적당한 점성으로 식욕을 돋구는 조미식품으로 주로 극동아시아에 서식하는 갈조류이다.

현재 우리나라의 미역생산량은 연간 약 35만 톤, 다시마는 약 2만 톤으로 세계 최고 생산량을 기록하고 있으며, 미역을 주원료로 한 가공식품(미역김, 미역짬, 미역김치, 미역청정주스, 미역쿠키 등)에 대한 다양한 연구개발이 이루어지고 있다. 또한 최근에는 미역의 유용성과 부드러운 맛 때문에 미국을 비롯한 서구에서의 미역 소비량도 꾸준히 증가되고 있다.

표-1. 우리나라의 미역, 다시마의 수출량과 수출액(1999년기준)

| 상품명 | 수출방법 | 수출량(kg) | 수출가격(USD) |
|-----|------|------------|------------|
| 미역 | 건조 | 2,482,927 | 16,049,658 |
| | 염장 | 12,410,921 | 15,775,014 |
| | 냉동 | 525,351 | 535,595 |
| | 기타 | 435,406 | 1,414,172 |
| 다시마 | 염장 | 773,473 | 2,478,077 |
| | 냉장 | 1,814 | 4,300 |
| | 냉동 | 15,711 | 65,681 |
| | 기타 | 301,405 | 1,888,000 |

바다에서 채취된 생미역과 다시마는 90~95℃의 해수에서 30~40초 동안 데쳐내는 과정 즉 자숙과정을 거쳐 저장탱크에 일차적으로 염장되고 이를 원료로하여 수세, 탈수, 건조 등의 공정을 거쳐 다양한 가공제품으로 생산되는데, 이때 공정 중의

첫 번째 가공공정인 자숙공정은 미역과 다시마의 가공제품의 맛과 품질을 결정짓는 가장 중요한 필수적 기본공정으로 자숙공정이 원활치 못했을 경우에는 차후의 가공제품 생산에 큰 차질을 초래하게 된다.

미역과 다시마는 주로 일본, 미국, 호주, 영국, 벨기에, 대만, 중국 등에 수출하고 있으며 연간 수출량은 미역 15,854톤, 다시마 1,092톤에 이르고 있으며 가득외화는 3,820만 USD에 달한다. 국내에서의 염장미역의 가격은 kg당 600원에서 800원에 이르기까지 다양하며 수출가격은 kg당 약 1,400원이다.

위에 나타낸 표-1은 1999년 12월에 집계한 일년간의 미역과 다시마의 수출량과 수출액을 나타낸 것이다.

표에서와 같이 생미역과 다시마를 어떠한 방법으로 가공하는가가 부가가치를 창출하는 중요한 요소가 되므로 생산과정에서 미역과 다시마를 손상함이 없이 고유한 맛을 유지시킬 수 있도록 가공과정에서 신경을 써야 할 것이다.

생미역과 다시마를 데쳐내는 설비인 자숙기는 해수를 가열하는 방식에 따라 크게 두 가지로 구분된다.

자숙기와 별도로 설치된 보일러에서 발생한 증기로 자숙기의 해수를 가열하는 증기관 가열방식과 자숙기와 보일러가 일체로 되어 연소가스가 통과하는 연관으로부터 해수를 가열하는 연관 보일러식이 있다.

증기관 가열방식은 수명이 4~5년으로 다소 긴 편이지만 시설비가 약 9,000만원~1억원으로 영세한 어민의 입장에서 구입이 매우 어려운 실정이며, 현재 미역 가공업체 중 해변에 위치하여 해수공급이 가능한 일부 업체에서만 사용되고 있다.

연관 보일러식은 시설비가 대당 약 1,500만원으로 증기관 가열방식에 비하여 저렴하여 가장 많이 이용되고 있는 방식이다. 내륙에 위치한 (따라서 해수공급이 불가능한) 모든 가공업체에서 사용되고 있는데, 연관 보일러식 자숙기를 해수공급을 위해 해변에 설치하여 자숙공정만 해변에서 이루어지도록 하여 자숙된 미역은 내륙의 저장탱크에 운반되어 염장되어진다.

연관 보일러식 자숙기는 수명이 약 2~3년으로 너무 짧고, 연료소비량이 너무 크며, 자동화 및 안전설비가 미비하여 생산성이 저하될 뿐만 아니라 자숙기 운전 중 역화(back fire) 또는 뜨거운 해수에 화상을 입는 경우가 허다하다. 연관 보일러식 자숙기의 연간 생산량은 약 50~60대 정도이며 1990년대 초에는 중국에 연관 보일러식 자숙기를 수출하였으나 현재는 뒤떨어진 기술력으로 수출이 중단되고 있다.

현재 어민들이 가장 많이 사용하고 있는 연관 보일러식 자숙기의 문제점은 다음과 같으며 이를 개선하지 않는 한 양질의 미역가공제품 생산과 어민 소득증대에 어려움이 많을 것으로 판단된다.

① 처리수(해수)를 90~95℃로 가열하기 때문에 노통(furnace)과 연관(smoke tube)의 부식이 심하여 부수적인 보수비용의 지출이 상당하였다.

② 해수중의 불순물과 미역 등의 찌꺼기에 의하여 전열면에 스케일이 부착하게 되고 낮은 열전도율과 부동팽창과 비틀림 현상의 발생으로 인하여 노통과 연관의 손상이 빈번하여 수명이 단축되고 있다.

③ 처리수의 수위 및 온도조절이 수동으로 이루어지고 있는 등 자동운전장치의 미흡으로 생산성이 저하되고, 처리수온의 불안정으로 제품의 품질저하를 초래하여 부가가치 창출에 애로가 많다.

④ 연료소비량이 너무 많아 생산이윤이 저하되고 이는 생산 기피로 이어진다.

⑤ 자숙기를 운전하는 어민들은 장비운전에 비전문가이며 비교적 고령화되어 있으며 자숙기 운전시 안전사고의 발생이 빈번하여 자숙기의 운전에 두려움을 가지고 있다.

현재 어민들이 사용하고 있는 증기관 가열방식과 연관보일러식 자숙기를 비교하면 표-2와 같다.

표-2 자숙방법에 따른 자숙기의 비교

| 자숙방식 | 증기관 가열방식 | 연관 보일러식 |
|------|-------------|----------|
| 시설비 | 9,000만원~1억원 | 1,500만원 |
| 보수비용 | 100만원/년 | 200만원/년 |
| 사용년한 | 4~5년 | 2~3년 |
| 사용업체 | 일부 업체이용 | 대다수 업체이용 |

따라서 수명이 길면서도 열효율이 높고, 장비의 가격이 저렴하면서도 어민들이 손쉽게 운전할 수 있는 자숙기를 공급하여 미역과 다시마 제품의 맛과 질을 향상시키는 것이 어민소득 증대에 크게 기여할 것으로 판단된다.

1 기술적인 측면

개발하고자 하는 연료절약형 연관보일러식 자숙기의 개략도를 그림-1에 나타냈으며 그림 중 음영부분은 새로이 개발하여 설치하려는 장치이다.

① 90~95℃의 해수에서도 안정적으로 작동할 수 있는 자동화장치를 개발하고

이를 기타 해조류 채취와 생산장비에 응용할 수 있어야 한다.

- 물순환시스템 개선
- 수위 및 수온자동조절장치

② 노통과 연관을 조립식화하여 부분적 손상발생시 보수비용을 절감할 수 있도록 설계한다.

③ 노통과 연관의 부동팽창과 뒤틀림 현상 등 열응력을 방지할 수 있도록 설계하고 부속장치를 개발하여 자숙기의 사용연한을 증가 시켜야 한다.

- 물순환장치

④ 자숙기의 열효율을 증가시킬 수 있는 장비를 개발하여야 한다.

- 점화시스템의 개선
- 폐연소가스를 이용할 수 있는 급수예열기(feed water preheater),
- 연소용 공기에열기(air preheater)
- 절수롤러장치

⑤ 생미역과 다시마의 생산력을 증대시키고 상품의 질을 향상시키기 위하여 처리수의 수위와 수온을 자동조절할 수 있는 장치와 자숙과정중 미역과 다시마를 효율적으로 이송시키는 이송롤러와 이송콘베이어 시스템을 개발하여야 한다.

⑥ 가격은 저렴하고, 자동화되고, 취급이 단순하고 산업재해를 발생시키지 않는 고성능의 자숙기를 개발하여야 한다.

2. 경제, 산업적 측면

① 우리나라의 연간 연관 보일러식 자숙기의 생산량은 약 50~60대 정도이며, 내구연한이 2~3년인데 반하여 가격이 대당 약 1,500만원에 달할 뿐만 아니라 연간 수리비만 200만원을 상회하므로 영세한 어민에게는 상당한 부담이 되어 왔다. 따라서 가격이 저렴하면서도 내구 기간이 긴(약 4~5년으로 예측됨) 표준 모델의 자숙기를 개발하고 구성부품을 규격화함으로써 어민소득 증대에 기여하여야 한다.

② 위의 기술적인 측면에서 열거한 바와 같이 시스템을 재구축하여 연료절약형 연관식 자숙기를 개발하는 경우 약 30% 이상의 연료 절감효과를 가져올 수 있을 것으로 판단된다.

현재 가장 많이 사용되고 있는 연관 보일러식 자숙기로 10톤의 생미역이나 다시마를 자숙시키는데 약 200liters의 중유가 소비된다. 따라서 우리나라에서 생미역 생산량이 연간 35만톤, 다시마 생산량이 2만톤 임을 감안한다면 연료절약형 연관보일러식 자숙기를 개발하여 연료비 절감(연간 약 6억 8,000만원), 자숙기의 사용년한 증가에 기인한 이득(연간 약 3억7,000만원), 수리비 절감에 따른 이득(연간 약 5,000만원)이 전액 생산어민에게 돌아갈 수 있도록 하여 어민소득 증가(연간 약 11억원)에

기여하여야 한다.

③ 어민의 소득증가는 해조류의 생산량 증대를 가져오며 이는 수출량의 증대로 이어질 수 있으므로 부가가치를 크게 증대시켜야 한다. (1999년 한해동안 수산물 단일품목으로 수출액이 3,820만 USD에 달하였다)

④ 90년대 중반이후 자숙기의 기술수준이 낮아 중국으로의 수출이 중단되었으나 자숙기를 부품화하고 자동화한다면 수출을 재개할 수 있을 것이다.

3. 사회, 문화적 측면

① 자숙기 운전이 비전문가이며 비교적 고령화되어 안전의식이 둔한 어민이 주로 자숙기를 운전하여 왔기 때문에 보일러로부터의 역화(back fire) 또는 뜨거운 처리수에 의하여 화상을 입는 등 여러 가지의 안전사고가 빈번히 발생하였다. 연료절약형 자숙기의 개발은 이러한 작업환경을 개선할 수 있다.

② 기존의 제품보다 가격은 비싸지도 않으면서 사용기간이 길고 안정성이 확보되고 자동화된 자숙기를 개발하게 되면 생산어민의 소득이 증대할 것이며 계층간, 지역간 균형적인 발전에도 크게 기여할 것이다. 따라서 힘들고 소득이 낮아 어촌을 떠났던 젊은이들이 다시 고향을 찾는 계기를 마련하여야 한다.

2절 연구개발의 목적

본 연구의 목표는 생미역과 다시마를 채취하여 가공하기 위한 처음 단계이면서 고유의 맛과 질이 결정되는 가장 기본적인 자숙과정을 행할 때 사용되는 자숙기의 효율성 향상에 있다. 현재와 같은 처리수의 수온이 일정히 유지되지 못하는 등 자동화 수준이 낮아 품질과 생산성이 저하되고, 열효율이 낮고 수명이 짧은 연관 보일러식 자숙기를 가격은 어민에게 큰 부담이 되지 않으면서 작동하기 쉽도록 자동화하고 열효율을 높여 연료소비량을 획기적으로 낮추고 사용연한이 긴 연료절감형 자숙기를 개발하는 것이 목표이다.

개량형 자숙기를 개발함으로써 미역과 다시마의 질을 향상시킬 수 있으므로 부수적으로 가공제품의 부가가치를 높여 생산어민의 소득증대와 해조류 수출에 크게 기여하게 될 것이며, 또한 자숙과정을 자동화하여 자숙기 운전 시 발생하는 안전사고를 예방함으로써 농어촌의 노동환경을 개선하고 고령화되어 가는 어촌을 보다 젊게 할 수 있는 계기가 될 것이다.

3절 연구개발의 범위

연관식 자숙기의 효율향상을 위한 기술적인 측면에서 연료절감형 자숙기를 개발함을 목적으로 하고 연료절감형 자숙기를 개발함에 있어 근본으로 하는 연구개발의 기본방향은 다음과 같이 정하였다.

- 1) 어민에게 경제적인 부담이 되지 않도록 자숙기의 생산가격을 저렴하게 한다.
- 2) 자숙기의 열효율을 높여 30% 이상의 연료절감효과를 갖는다.
- 3) 미역제품의 부가가치를 창출할 수 있는 자숙기를 개발한다.
- 4) 자숙기의 운전자가 비전문가이며, 고령화되어 있다는 점을 감안하여 자숙기의 작동이 단순하면서도 쉽도록 자동화한다.
- 5) 운전재해를 발생하지 않는 고기술의 자숙기를 개발한다.

2장 국내외 기술개발 현황

생미역과 다시마의 생산과 소비는 주로 아시아의 극동지역이었다. 그러다 최근에는 건강식품에 대한 신경을 쓰게 되면서 소비가 미국과 유럽지역으로 점차 확대되어 가고 있는 추세이다. 그렇기 때문에 생미역과 다시마에 대한 영양평가와 가공방법에 대한 연구는 비교적 많이 이루어지고 있으나 생미역과 다시마를 데쳐내는 과정에서 필수적으로 필요한 자숙기에 대한 연구는 국내외적으로 전무한 실정이다.

우리나라의 연간 연관 보일러식 자숙기와 증기식 자숙기 생산량은 50~60대이다. 이중 연관보일러식은 10-20대에 불과하고 단가도 연관 보일러식 자숙기가 약 1,500만원에 불과하므로 중견기업조차도 생산에 신경을 쓰고 있지 않으며, 설령 생산한다 하더라도 자숙기의 설치위치가 주로 해안에 산재되어 있기 때문에 접근성이 매우 어려워 A/S에 어려움이 많고, 이용자가 비교적 고령인 어민이기 때문에 운전사고가 빈번하여 현실적으로 생산을 기피하고 있다.

이러한 현실적인 어려움 때문에 주로 영세한 소규모 기업에서 자숙기를 생산하고 있으며 관련 기술력이 낮아 자숙기의 생산은 거의 경험에 의존하고 있는 실정이며, 연구나 개발에 신경조차 쓰지 못하는 것이 현실이다.

이러한 상태에서 자숙기를 생산하고 있기 때문에 열효율이 매우 낮아 연료낭비가 심하며, 구성부품도 규격화하지 못하여 생산원가의 상승원인이 되었으며, 자숙과정에서 안전사고 또한 빈번히 발생하였다. 이러한 여러 가지 이유들이 해조류의 양식 및 가공 분야에 영향을 미치게 되어, 훌륭한 해조류 성장환경을 지닌 우리나라의 해양자원 활용에 미흡함을 초래하고 있다.

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제1절 연구개발 수행방법

1. 연관식 자숙기의 설계상, 운전상 문제점추출 및 개선사항 정밀분석

협동연구기관인 목포해양수산청 완도수산기술 관리소 주관으로 자숙기의 사용자와 2회에 걸쳐 간담회를 개최하고 자숙현장으로 출장하여 어민의 요구사항과 운전상 문제점을 발굴하고 이를 분석하였음.

2. 자숙용량에 따른 표준설계사양

자숙기의 기본설계를 할 때 기본원칙은 간담회에서 발굴된 요구사항을 고려하여 다음과 같이 정하였다.

- 적정 자숙용량을 15 Ton/Hour 으로 정한다.
- 물순환시스템을 개선하여 열용력을 최소화하여 유지보수비용을 최소화한다.
- 연료비절감효과를 최소 30% 이상으로 한다.
- 자숙기 운전자가 고령인 점을 고려하여 운전이 단순하게 하고 반자동화로 한다.
- 운전자의 안전사고에 대비한 설계를 한다.
- 자숙기의 제작원가 상승을 최소화한다.
- 자동화장치는 안전을 우선으로 한다.
- 환경의 오염을 고려하여 해변에서 쉽게 이용할 수 있는 그으름제거장치를 설계한다.

이러한 원칙하에 자숙기본체를 설계하였다.

부속설비는 설비 각각에 대하여 자료수집, 재료의 선정(해수에서의 부식성), 기본설계, 제작, 실험을 통하여 운전의 안정성 확인을 확인하였다.

3. 연소효율의 개량 및 연소가스의 흐름 분석

기존의 자숙기의 연소가스의 흐름과 주요부에서의 온도를 측정하였다. 자숙기를 정상운전할 때 연돌을 통하여 대기중으로 방출되는 연소가스 온도가 400℃ 이상임을

확인하였다. 또한 불완전연소에 의한 그으름이 많이 발생하여 환경오염의 원인이 되었다.

가. 국부과열에 의한 부동팽창과 균열은 물순환이 불량하여 발생됨을 확인하였다.

- 물순환시스템의 설치

나. 폐연소가스의 이용을 위하여 급수예열기를 설치

- 급수예열기를 이론에 따라 설계하여 온도상승 폭을 확인하였다.

- 급수가 중단될 때 예열기관이 과열될 수 있으므로 내열한도를 확인한다.

- 급수가 중단될 때는 버너의 작동이 중지될 수 있도록 버너시스템을 채택한다.

- 이러한 시스템의 작동여부를 자숙기에서의 실험을 통하여 확인하였다.

다. 그으름을 제거하기 위하여 그으름제거기를 설치

- 고의로 그으름을 발생시켜 연소가스가 장치를 통하게 하고, 장치의 상부에서 물을 분무하여 그으름제거상태를 확인하였다.

4. 열응력제거를 위한 물순환장치의 설계와 개발

- 기존 자숙기의 물순환 패턴을 확인한다.

- 물순환 시스템의 불량으로 국부적 과열이 발생함을 확인한다.

- 모터구동에 의한 스크류식 물순환기를 제작

- 급수구를 자숙기 상부에서 노통의 하부로 개선한다.

- 물순화기를 자숙기에 부착하여 처리수의 유동패턴을 확인한다.

- 자숙기에 총 9개의 온도계를 설치하여 보일러부와 자숙부의 처리수 온도분포를 확인한다.

- 물순환기의 폴리직경 조절로 스크류의 회전속도를 조절할 수 있도록 하여 순환량과 속도를 조절할 수 있도록 한다.

5. 대량, 연속적 자숙시 최적해수 온도 유지를 위한 물순환 시스템의 개선

- 기존 자숙기에서 자숙할 때 온도분포를 확인한다.

- 급수가 자숙기 상부에서 이루어지고 또한 생미역이 거의 0℃ 상태로 자숙기로 들어 오므로 실제 처리수 온도가 80℃ 정도 밖에 되지않음을 확인한다.

- 따라서 자숙기에서의 급수구는 노통의 하부로 변경하고 이 때의 온도를 확인한다.

- 급수예열기를 설치하여 자숙기로 유입되는 해수의 온도를 최대한 올리고 그 온도를 확인한다.

- 보일러물 순화기의 회전수를 변화시켜 온도분포를 확인한다.
- 급수예열기의 채택에 따른 급수시스템을 개선하여 그 효율성을 확인한다.

6. 자동화설비의 자료수집, 설계 및 제작

가. 급수예열기

- 기존 자숙기에서의 해수 유입량을 확인한다.
- 해수부식에 강하고 내열한도가 높고 가공성이 용이한 재료를 선정한다.
- 해수의 출구온도를 정하고 소요전열면적을 정한다.
- 관의 직경과 총길이를 결정한다
- 설치위치를 정한다.
- 연과군의 소재 등에 문제가 발생하지 않는가 확인한다.
- 연소가스의 온도, 예열기 입출구의 물온도를 측정하여 효율을 확인한다.
- 급수가 중단될 때 관의 과열여부를 확인한다.

나. 보일러물 순환기

- 보일러물 순환기의 설치위치를 결정한다.
- 구동모터의 소요 출력을 정한다.
- 스크류의 직경과 핏치를 정한다.
- 모터와 순환기의 폴리 직경을 정하여 회전수를 결정한다.
- 물순환량을 계산한다.

다. 이송롤러 및 콘베이어

- 기존장치의 개량 여부를 확인한다.
- 미역의 질을 저하시키는지를 확인한다.
- 미역이 자숙기에서 이송할 때의 시간이 15-20초 인가를 측정한다.

라. 수위 및 온도조절장치

- 적절한 버너를 선택한다.
- 급수시스템을 결정한다.
- 비접촉식 레벨센서를 이용한 수위조절이 정확히 이루어지는지 확인한다
- 자숙기에 설치한 처리수 온도측정센서가 정확히 작동하고 이에 따라 3-way valve, solenoid valve의 작동, 버너의 정확한 작동을 확인한다.
- 실제 자숙기에 장치하여 장치 자동의 안정성을 확인한다.

마. 절수롤러장치

- 롤러의 스펙을 정한다.
- 텐션을 조절하여 가면서 미역의 손상여부를 확인한다.

- 장치 설치전의 1톤의 미역을 자숙할 때 냉수로 들어가기 직전에 미역의 총 무게와 절수롤러장치를 통과한 미역의 무게 차로 절수량을 확인한다.
- 바. 그으름제거장치
 - 그으름제거용 사각형 통의 스펙을 정한다.
 - 인위적으로 그으름을 발생시켜 그으름제거 효과를 확인한다.
 - 그으름제거기 상부에 노즐을 통하여 물을 분무하여 그으름 제거효과를 확인한다.
- 사. 스팀유인도관
 - 원관의 직경을 결정한다.
 - 중심선을 통하는 소공의 직경을 결정한다.
 - 처리수가 가득 차있을 때 소공에서의 유속을 계산한다
 - 소제공을 열어 이물질의 제거여부를 확인한다.

제2절 연구내용

연구는 1차년도와 2차년도로 나누어 수행하였다.

• 1차년도

1. 연관식자숙기의 설계상, 운전상 문제점 추출 및 개선사항 정밀분석
 - 생산업체 및 가공업체 방문조사
 - 표준화 작업
 - 개선사항 정밀분석
2. 연관보일러식 자숙기의 기본설계
 - 노통(furnace)과 연관(smoke tube)을 조립식화하여 보수비용의 최소화
 - 연소효율의 개량 및 연소개스의 흐름분석
 - 열용력제거를 위한 물순환장치의 설계와 개발
 - 자숙기 용량에 따른 표준설계
 - 대량, 연속적 자숙시 최적 해수온도(90~95 ℃) 유지를 위한 물순환 시스템 개선
3. 자동화설비의 자료수집, 설계 및 제작
 - 보일러 물 순환기
 - 이송 롤러 및 콘베이어

- 수위 및 온도조절장치
- 급수예열기
- 공기에열기
- 절수롤러장치
- 그으름 제거기

● 2차년도

1. 시제품제작

- 노통과 연관을 조립식화
 - 연소효율 계산 및 연소개스의 흐름분석
 - 열응력제거를 위한 물순환상태 확인 및 자숙기의 전체적인 온도분포 확인
 - 자숙기 용량에 따른 표준설계도 작성
 - 대량, 연속적 자숙시 해수온도의 일정유지 확인
 - 참여기업과 공동으로 모델에 의한 시제품 제작

2. 자동화장치의 작동상태, 운전효율, 안정성 확인

- 보일러 물 순환기
 - 이송 롤러 및 콘베이어
 - 수위 및 온도조절장치
 - 급수예열기
 - 공기에열기
 - 절수롤러장치
 - 그으름 제거기

3. 대량, 연속자숙시 미역제품의 품질확인

4. 시제품 자숙기의 경제성 분석

- 연료절감효과 확인
- 보수비용 분석확인
- 사용가능 연한 예측 및 확인

5. 기술이전 및 실용화

- 표준화 설계에 의한 제품생산 및 현장에서의 자숙능력 확인
- 자숙기 생산업체의 관련자 기술세미나 개최, 생산 및 운전기술보급, 기술자문
- 특허출원

제3절 연구결과

- 1차년도 :

1. 연관식자숙기의 설계상, 운전상 문제점 추출 및 개선사항 정밀분석

협동연구기관인 목포해양수산청 완도수산기술관리소 주관으로 2회에 걸쳐 자숙기의 사용자와의 간담회를 개최하고 자숙현장의 출장으로 다음과 같은 문제점을 추출하였음.

간담회 내용은 제 6장 연구와 관련된 부록에 상세히 수록하였다.

① 자숙온도의 일정유지

미역의 장기 보존을 목적으로 하는 경우 자숙시간을 길게는 것이 좋지만 색소파괴량이 많으므로, 미역의 보존과 색상을 위하여 온도는 90℃를 일정히 유지하고, 자숙시간을 30-40초에서 10-20초로 할 수 있도록 자숙기를 제작요구.

②. 자숙기의 열효율 증대 및 사용기간의 연장

증기관 가열방식에 비하여 열손실이 너무 크고 수명이 약 2년에 불과하여 미역 제품생산시 원가상승의 원인이 된다.

③ 그으름에 의한 환경공해 문제해결

④ 기계설비의 저렴한 가격유지와 운전비용의 경감

⑤ 운전시 안전성확보

역화현상이 발생하는 등 운전시 작업자의 안전성 확보가 필요하다.

2. 연관보일러식 자숙기의 기본설계

열응력을 최소화하고 연료비를 30%이상 절감시키며, 운전자가 나이가 많은 어촌의 사람들인 점을 감안하여 운전요령은 단순하고, 제작비를 현재의 상태 (대당 약 1500만원)에서 크게 증가하지 않도록 한다는 기본원칙에서 각 구성부품을 설계하였음. 자숙용량은 15ton/hour를 표준으로 하였다.

자숙기 본체의 재료는 저렴한 가격과 해수와의 부식을 고려하여 강판 (Steel, Fe 99%이상 + C 0.8%이내)을 사용하였다. 해수 중에서 사용하는 재료를 선택할 때의 고려사항을 제 6장 연구관련 부록의 부록3에 나타냈다.

1) 자숙용량에 따른 표준설계 기본사양

자숙기 (보일러부 + 자숙부) : 길이 7500mm, 높이 2600mm, 폭 1350mm

보일러부 : 길이 4500mm, 높이 1610mm, 폭 1350mm

자숙부 : 길이 7500mm, 높이 750mm, 폭 1350 mm

노통(Furnace) : 직경 780mm, 길이 3500mm 인 원통형

연관 (Smoke tube) : 직경 80mm, 길이 3000mm 인 연관 30개, 물순환 1 pass

물순환장치(물순환프로펠러) : 5 HP motor driven Screw

(직경220mm, 1350rpm)

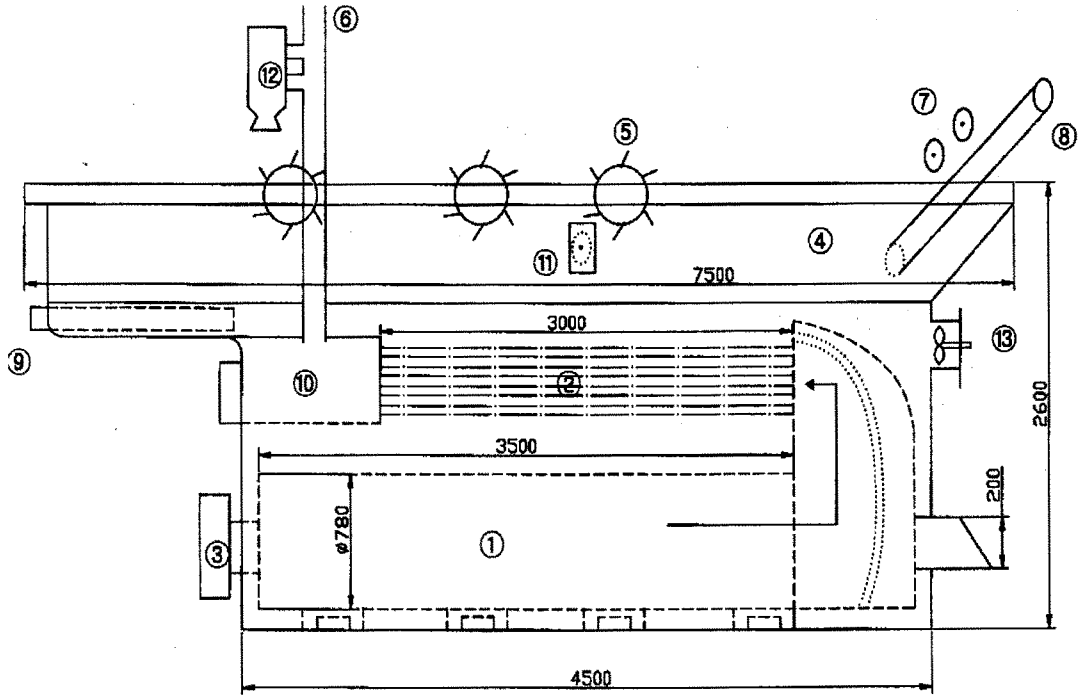
급수관 : 직경 12.5mm

슬러지 유인도관 (sludge discharge & drain valve) :

직경 100mm, 길이 4500mm

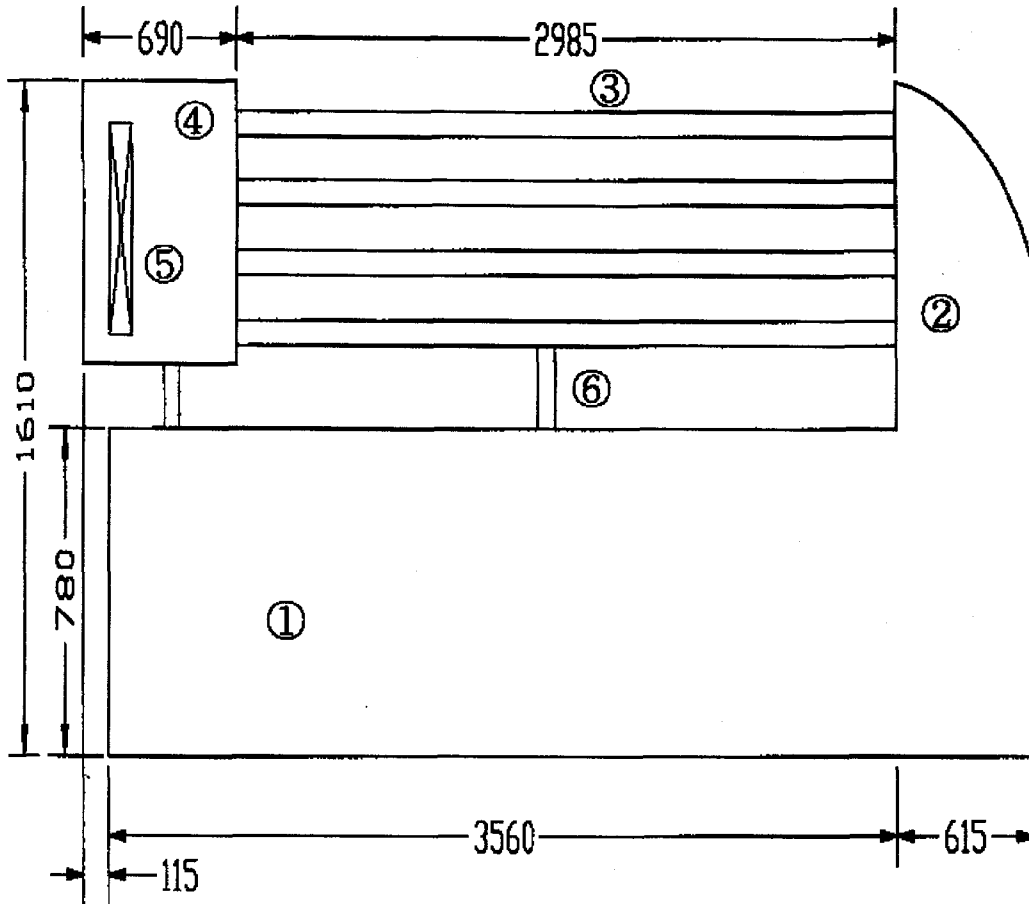
배기관 : 450×400mm 2개부

역화방지구 : 직경 250mm



- | | |
|-------------|--------------|
| ① 노통 | ② 연관 (Ø77) |
| ③ 버너 | ④ 자숙탱크 |
| ⑤ 미역 이송롤러 | ⑥ 연통 |
| ⑦ 절수 롤러장치 | ⑧ 미역 이송 콘베이어 |
| ⑨ 온도 조절장치 | ⑩ 급수 예열기 |
| ⑪ 수위 조절 스위치 | ⑫ 그으름 제거기 |
| ⑬ 물 순환 프로펠러 | |

그림 1. 자숙기의 개략도



- ① 노통 (furnace)
- ② 연소실 (combustion chamber)
- ③ 연관 (smoke tube)
- ④ 연기실 (smoke box)
- ⑤ 급수예열기 (feed water heater)
- ⑥ 지지대

그림 2. 자숙기의 보일러부 상세도

4) 대량, 연속적자숙시 최적해수온도 (90-95℃)유지를 위한 물순환시스템의 개선
 기존의 급수시스템은 자숙부 상부에서의 처리수손실 즉 처리수 유출과 자숙부 상부
 로의 급수되는 시스템으로 구성되었다. 미역을 대량으로 자숙하는 경우 그만큼 처
 리수의 손실이 많으므로 급수량도 많아 진다.

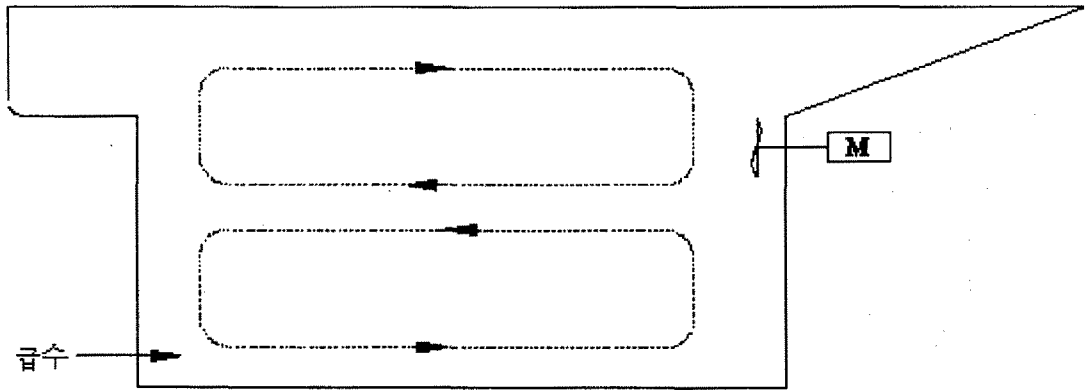


그림 3. 자숙기내에서의 처리수의 유동패턴

이러한 경우 예열되지 않은 해수가 (겨울철엔 거의 0°C 정도임) 그대로 자숙기 상부에 유입되어 처리수와 혼합되기 때문에 실제로 미역이 자숙되는 처리수온은 80°C 이하가 될 수가 있다.

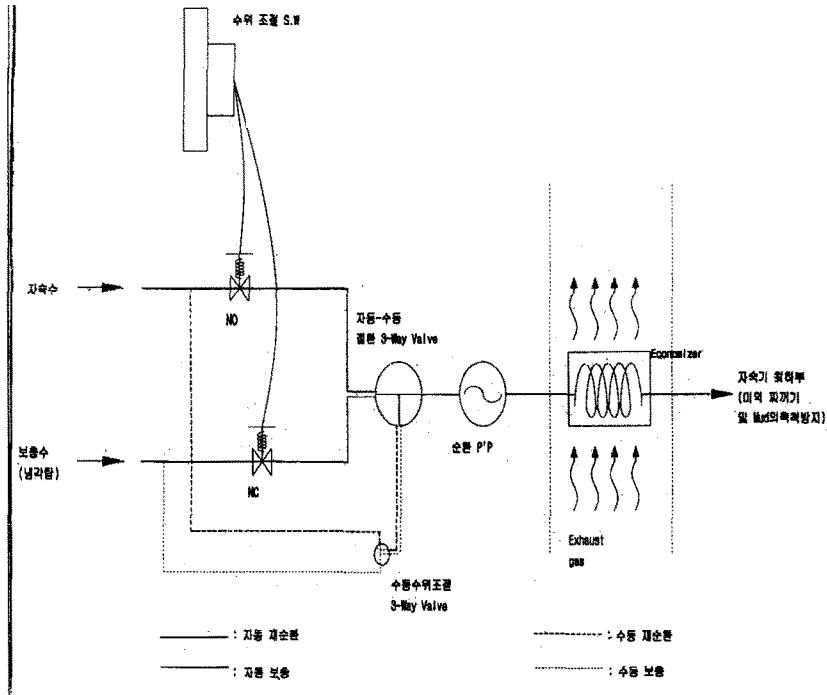


그림 4 자숙기의 급수시스템

이로 인하여 완전한 자숙이 이루어지지 않고 처리수는 또한 변동이 심하였다. 자숙기 부하의 변동이 심하더라도 이에 관계없이 완전한 자숙을 이루고, 자숙시간을 단축하고, 처리수의 온도를 일정히 유지하기 위하여 예열 및 급수 시스템을 다음과 같이 개선하였다.

자숙기로의 급수는 수위자동조절 시스템에 의하여 작동되는 Solenoid Valve (Normal open type)를 거쳐 급수펌프로 흡입되고 연소가스의 폐열을 이용하는 Economizer에서 예열되어 자숙기의 하부로 급수된다.

3. 자동화설비의 자료수집, 설계 및 제작

1) 급수예열기(Feed water Heater)

※ 급수예열기의 기본사양

설치장소 : 자숙기전면 Smoke box내에 설치

재료 : SUS-316L (18%Cr, 12%Ni, Mo)

SUS-316L 내열온도 : 870℃

용접 : Arc 용접

관의 직경 : 25mm

관의 길이 : 940mm×11 = 10340mm = 1034cm

전열면적 : $\pi D l = 3.14 \times 2.5 \times 1034 = 8116.9 \text{ cm}^2 \approx 0.8117 \text{ m}^2$

※ 유량이 10 m^3/h 일 때, 자숙기로 공급되는 해수온도 0℃, 급수예열기에서 70℃로 예열시킬 때 필요한 열량 Q는 $dQ = GcdT$ 에서

$G = \text{해수유량} \times \text{비중량} = 10 \times 1.02 \times 10^3 \approx 10,000\text{kg/h}$

해수 5% 에서의 비열 $c = 0.9403 \text{ kcal/kgK}$

$dT = 273 + 70 = 343\text{K}$

그러므로 $dQ = 10,000 \times 0.9403 \times 343 \approx 3.226 \times 10^6 \text{ kcal}$

※ 상기와 같은 상태에서 필요한 전열면적(A)은 $Q = KA\Delta tm$ 으로 구할 수 있다. 여기서

$\lambda = 38.8 \sim 37.2 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}$ (온도범위 100-300℃), Thickness $L = 3\text{mm} = 0.003$

m

$$K = \frac{\lambda}{L} \approx 12,600 \text{ kcal}/m^2h^\circ\text{C}$$

자숙기 운전시 Smoke box 내의 연소가스온도는 약 400°C 이고 해수 입구, 출구온도는 0°C, 70°C로 설정하였으므로 $\Delta t_m = 400 - \frac{0+70}{2} = 365^\circ\text{C}$

$$\text{그러므로 소요전열면적 } A = \frac{Q}{K\Delta t_m} = \frac{3.226 \times 10^6}{12600 \times 365} = 0.70 \text{ m}^2$$

※ 해수가열면과 연소가스측에서의 표면열전달율, 해수면에서의 scale, 연소가스측의 soot 등에 의한 열통과율 K의 감소를 고려한다 해도 직경 25mm, 길이 1034cm 인 S-316L 관(전열면적 0.8117 m²)을 이용하여 급수예열기를 제작하여도 급수의 온도를 충분히 70°C 이상으로 할 수 있다.

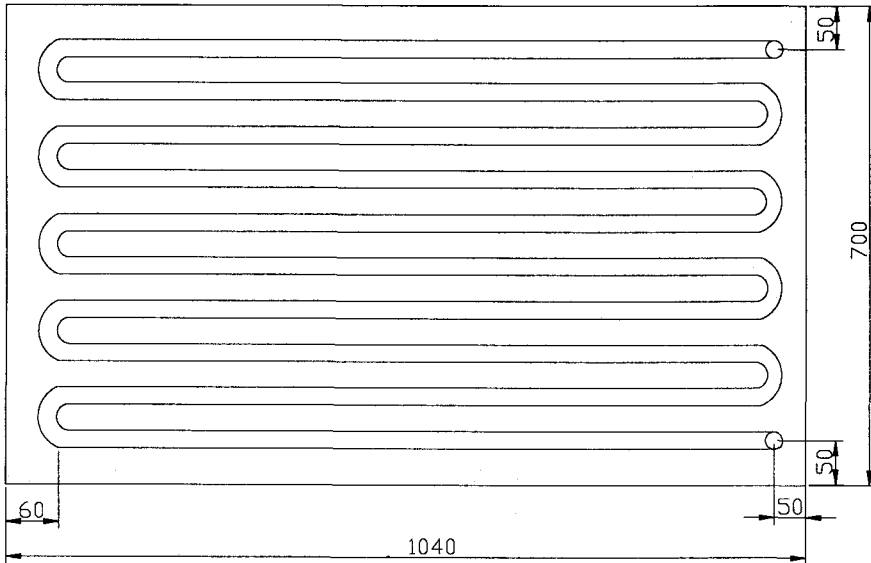


그림 5. 급수예열기의 개략도

※ SUS-316L(18%Cr - 12%Ni - Mo 스테인레스강)의 용접시에는 S-316L · 16N 을 이용한다.

S-316L · 16N의 특성과 작업시의 주의점은 다음과 같다.

1. 특성

- ① 탄소가 아주 낮은 극저탄소의 오오스테나이트 조직으로 작업성과 용접성이

매우 우수하다.

② 보통의 18%Cr - 12%Ni - Mo 스테인레스 강에 비하여 탄소가 낮으므로 입계부식에 잘 견디는 성질을 가지고 있다.

③ 용착금속의 탄소함량이 낮기때문에 S-316·16N보다 안전하다.

2. 작업시의 주의점

① 개선내의 기름이나 스케일 등은 완전히 제거한다.

② 아아크 길이는 될 수 있는대로 짧게 잡는다.

③ 운봉은 봉경의 2.5배 이내에서 행한다.

④ 예열은 필요없다.

⑤ 용접봉은 사용전에 반드시 350℃에서 1시간동안 재건조한다.

3. 기계적 성질

인장강도 $550 N/mm^2$ ($56 kg/mm^2$), 연신율 44%

4. 제품치수 및 적정전류 (AC 또는 DC+)

| | | | | | | |
|-----------|------|------------|-------|--------|--------|---------|
| 봉지름 (mm) | | 2.0 | 2.6 | 3.2 | 4.0 | 5.0 |
| 봉길이 (mm) | | 250 300 | 300 | 350 | 350 | 350 |
| 전류 (A) | F | 25-55 | 50-85 | 70-115 | 95-150 | 135-180 |
| | V&OH | 20-50 | 45-80 | 65-110 | 85-135 | - |

2) 보일러물 순환기

보일러물 순환기는 모터에 의하여 구동되는 프로펠러가 회전하여 자숙기내의 물을 강제순환시키는 장치이다. 보일러물 순환기 주입구는 직경 250mm 로 자숙기 후부, 저면으로부터 1500mm의 위치에 설치하였다.

보일러물 순환기 구동모터 : 5HP

프로펠러 : 3 Blade type Propeller

프로펠러 직경 : 220mm
 프로펠러 피치 : 400mm
 프로펠러 회전수 : 1350rpm

자숙기를 정상운전할 때, 보일러물 순환기를 설치하기 전 자숙기내 처리수의 최대 온도차는 21℃ 였으나 보일러물 순환기로 처리수를 강제순환시킬 때는 온도차가 최대 6℃로 감소되어 온도차에 기인한 열응력을 최소화할 수 있다.
 보일러물 순환기의 장치개략도는 다음과 같다.

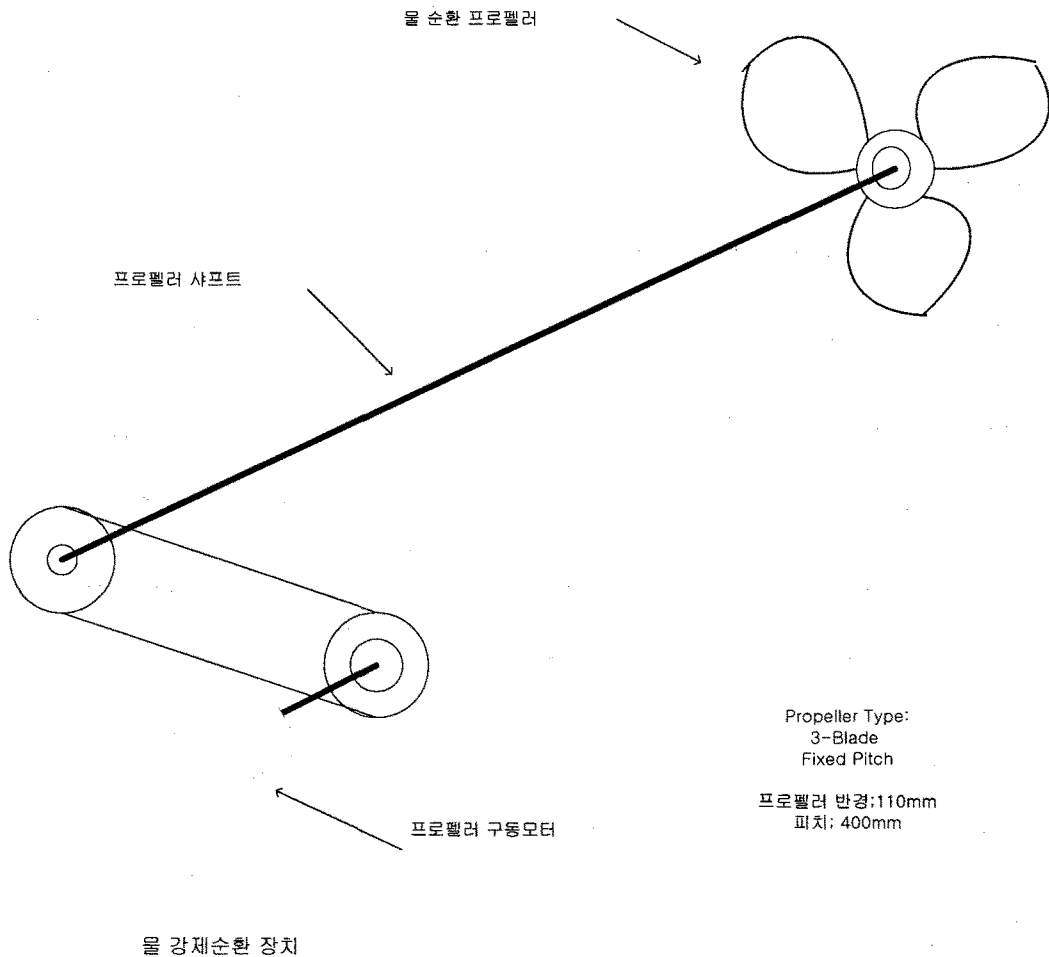


그림 6. 보일러물 순환기의 개략도

3) 이송롤러 및 콘베이어

자숙기의 한쪽 끝(burner side)에 투입된 생미역을 콘베이어 쪽으로 이송시키는 장

치로써, 이송 중에 생미역의 자숙이 완료된다. 롤러의 회전속도를 조절하여 자숙시간을 조절할 수 있다. 최적 자숙온도는 90-95℃, 자숙시간은 15-20초이다.

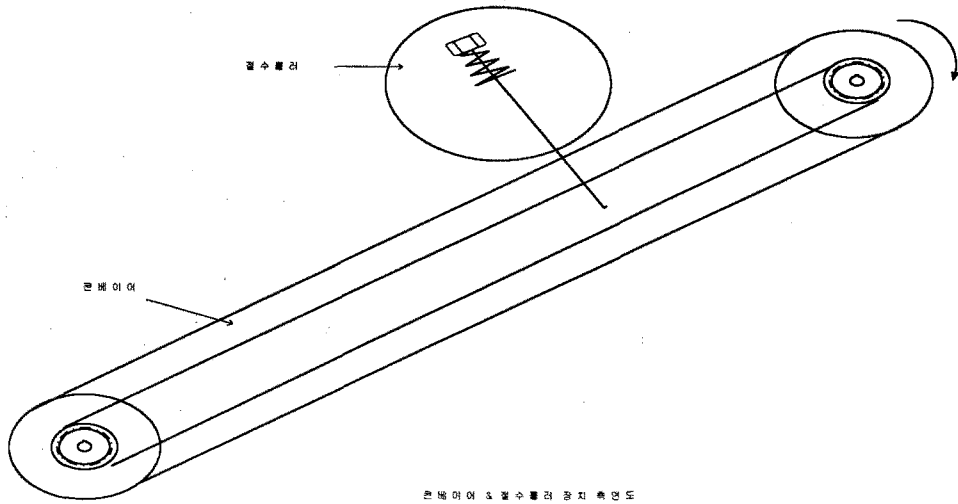


그림 7. 이송롤러 및 절수장치

4) 수위 및 온도조절장치

(1) 자숙기 내의 보충수 및 순환수 시스템

자숙기내의 온수는 미역의 자숙으로 온도가 내려가고 계속해서 보일러로 가열을 해 주어야 한다. 자숙기 내의 물이 미역과 함께 빠져나가는 것을 최대한 억제하고 자숙기내의

물을 순환시켜 가며 급수예열기를 통해 계속 가열함으로써 열 효율을 높이는 방식을 택하였다. 물이 부족하여 일정수위 이하로 내려가게 되면 보충수 밸브가 열려 보충되며 그 외에는 계속해서 순환을 하게 된다.

그림 8은 자숙기 내의 물 보충과 순환시스템을 보여주고 있다. 정상시에는 순환수 Pump가 작동되고 있는 상태에서 전자밸브 NO가 열려있어 자숙기내의 물이 계속 순환하며 보충수가 필요할 때는 전자밸브 NO가 닫히고 닫혀있던

NC 전자밸브가 열려 바닷물을 보충하게 된다. 이러한 일련의 과정은 무접점 레벨 센서에 의해서 자동으로 행해지며, 비상시를 대비해 수동작동이 가능하도록 하였다. 자숙기내의 물은 순환하는 동안 급수예열기를 통과함으로써 열 효율이 높아지고 따라서 연료를 절감할 수 있도록 설계를 하였다.

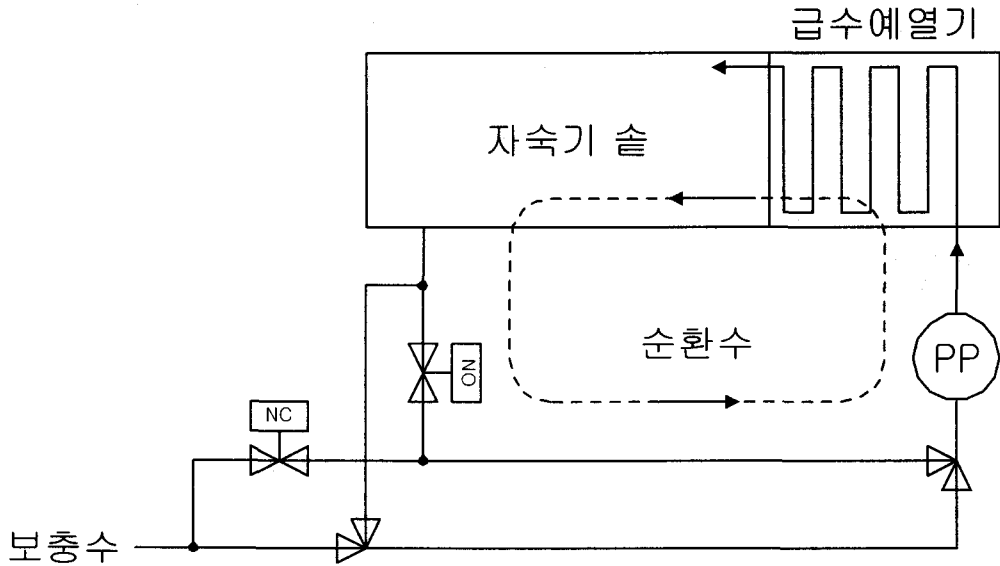


그림 8. 자숙기내의 온수 순환시스템

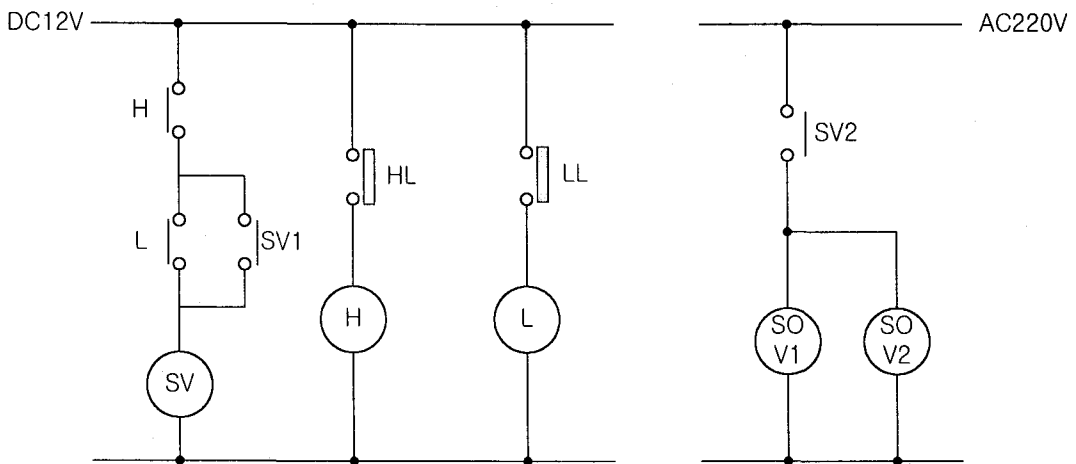


그림 9. 보충수 및 순환수 시퀀스도

그림 9.는 자속에 필요한 물의 보충 및 순환을 위한 시스템의 시퀀스도이다. 자속기의 물수위가 고수위(high level, HL)이면 기계적 접점 HL과 LL이 모두 분개되어 릴레이 SV는 작동되지 않는다. 수위가 서서히 내려감에 따라 HL이 떨어져 릴레이 H가 소자되고 접점 H가 붙고, 수위가 더 내려가 LL이 떨어지면 릴레이 L이 소자되어 b접점 L이 붙어 릴레이 SV가 여자된다. SV가 여자되면 같은 제어라인의 접점 SV가 붙어 기억되고 220V 전원이 공급되는 제어라인에 접점 SV2가 붙어 SOV1, SOV2가 여자되어 순환이 멈추고 보충수가 보충되게 된다. 보충도중 LL이 붙게되어도 SV1 기억접점으로 인해 고수위(HL)가 될 때까지 계속해서 물을 보충할 수 있게 된다.

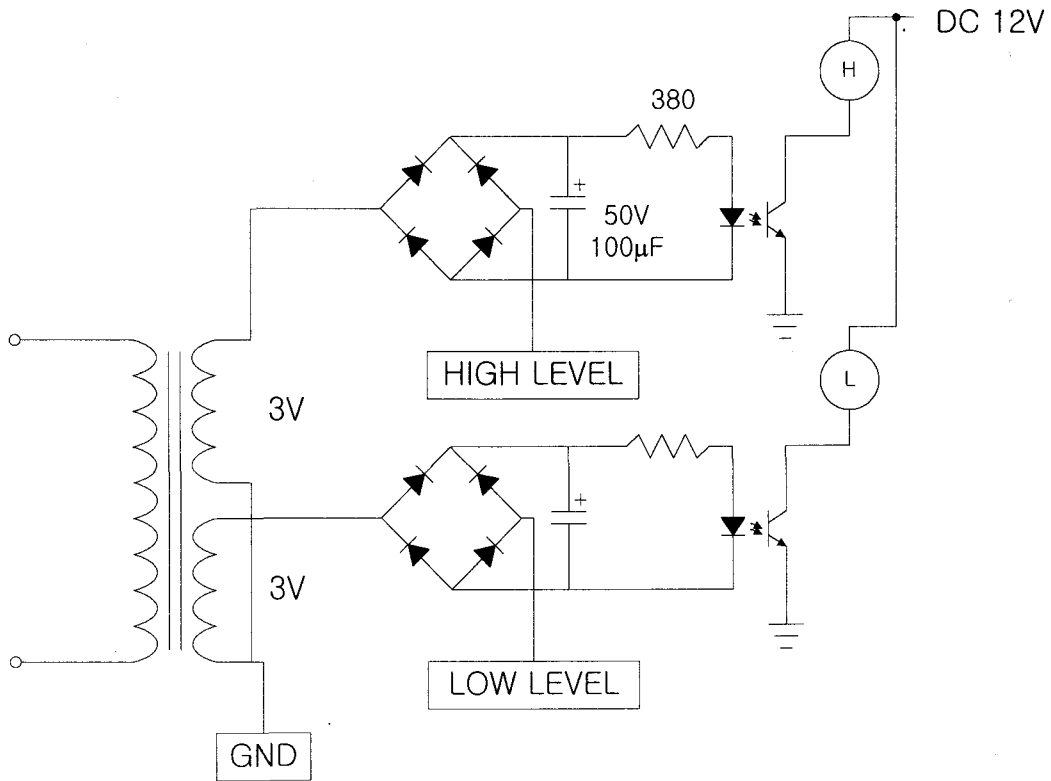


그림 10. 비접촉식 레벨센서 전원부

。 레벨센서의 전원은 AC220V 상용전원을 변압기를 거쳐 3V로 낮추고 다시 정류

기를 거쳐 DC로 만든 다음 평활하여 사용하였다.

- 。 레벨센서 작동에 의한 신호는 H, L의 릴레이 작동에 의해 펌프 및 전자밸브 작동에 사용된다. 센서전원과 릴레이 전원을 분리함으로써 노이즈에 대한 오동작을 방지하여 안정성을 높였다.
- 。 비접촉식 레벨센서를 사용함으로써 접촉부의 손상에 따른 갖가지 부작용을 없앴으며 부피, 무게, 가격을 현저히 줄일 수 있었다. 기존의 플로팅 스위치로 사용되던 많은 곳에 응용이 가능할 것이다.

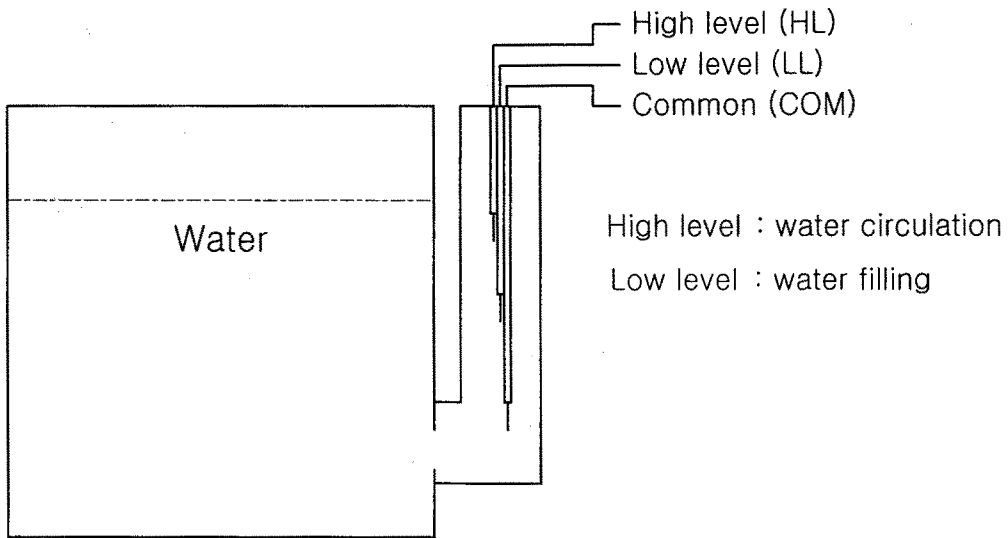


그림 11 비접촉식 레벨센서

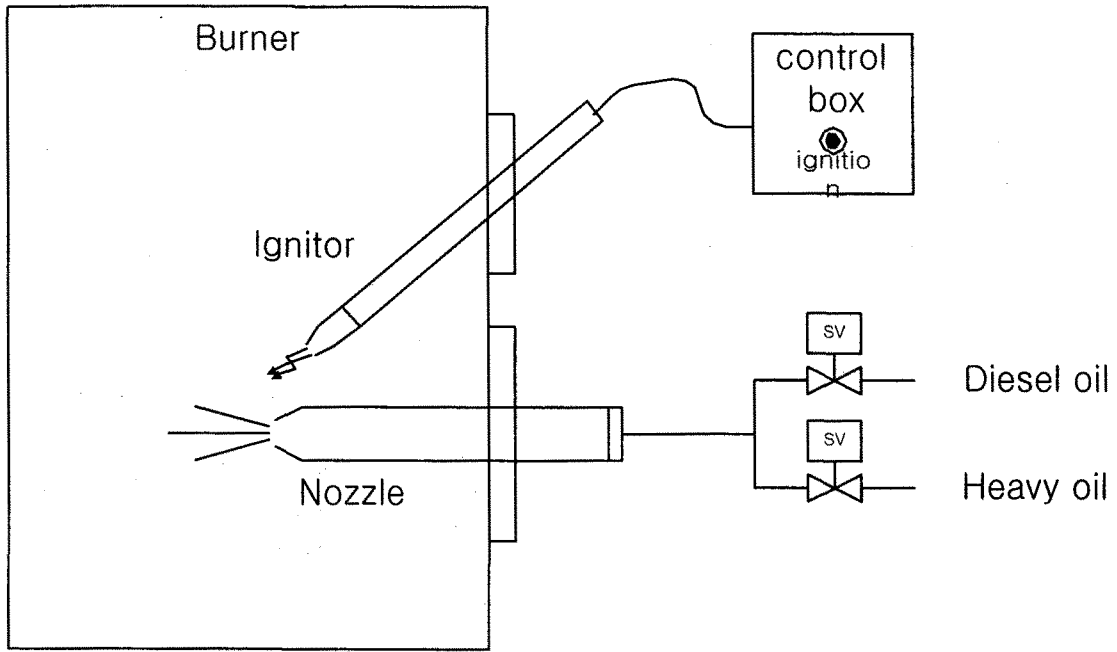


그림 12. 자숙기 보일러 개략도

그림 12는 자숙기 내의 물 온도 조절을 위한 보일러의 의 개략도를 보이고 있다. 기존의 보일러는 로타리 보일러를 사용해 솜방망이로 직접 불을 붙이는 방식을 많이 사용했으나 안전 상 문제가 많아 점화장치를 새로이 신설했으며, 이로 인해 보일러 백파이어(back fire)에 의한 사고를 많이 줄일 수 있을 것이다.

간단한 스위치 하나로 점화를 가능하게 하였다. 또한 버너는 대부분 값이 싼 저질 중유를 사용하고 있기 때문에 디젤오일을 사용할 수 있는 시스템을 갖추으로써 점화시 점화가 잘 될 수 있게 하고 소화 시 버너 내를 디젤오일로 씻어 줌으로써 다음 사용 시 버너 내가 굳어 사용이 어렵게 되는 것을 방지하였다.

보일러는 요구사양에 따라 비용차이가 많이 나므로 최소한의 비용으로 사용이 가능하도록 로타리 보일러에 점화장치를 장착한 것과 자동화 장치가 장착된 시스템으로 구분하여 소비자가 선택해 사용할 수 있도록 하였다. 보일러를 자동으로 선택하면 자숙용 물 온도에 따라 보일러가 자동 ON/OFF 제어됨으로써 자숙기내의 해수 온도가 자동으로 조절된다. 그림 13은 자숙용 해수의 자동온도조절 시스템의 개략도를 보여주고 있다.

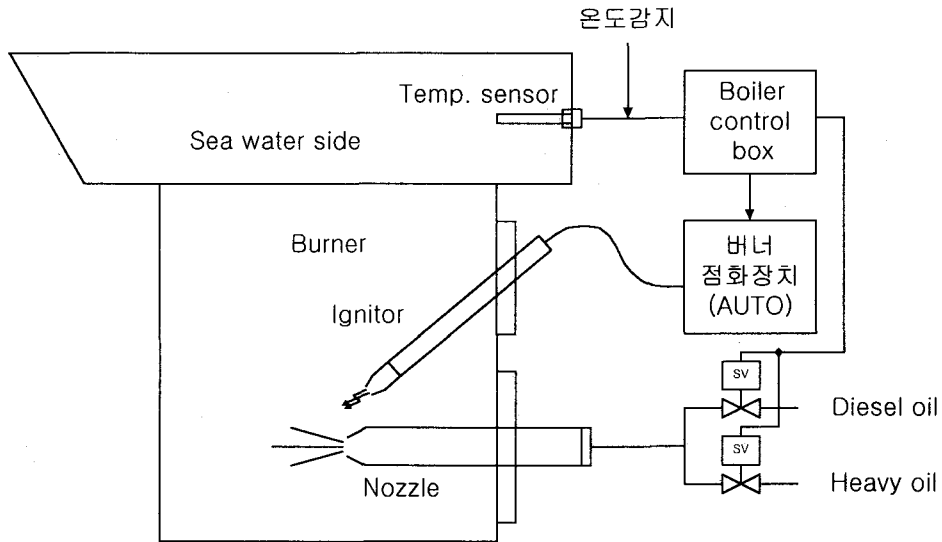


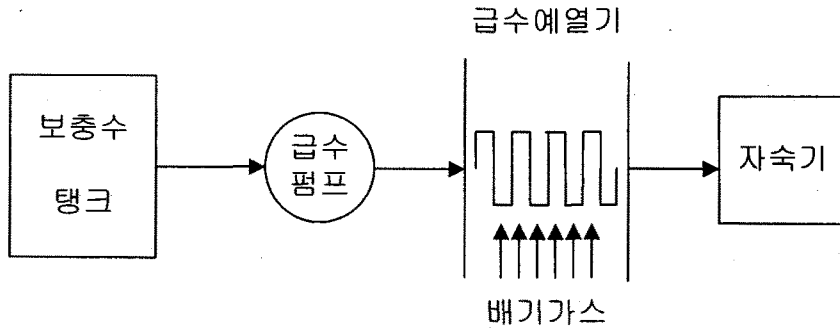
그림 13. 자숙용 물 온도 자동조절 시스템

그림 14(a)는 보일러 급수 및 순환과정을 나타낸 그림으로 일정레벨 이하로 자숙기내의 수위가 내려갔을 때 물이 보충되는 과정이다. 보충수 탱크로부터 급수되고 급수된물은 급수예열기를 통해 자숙기내로 들어가게 된다.

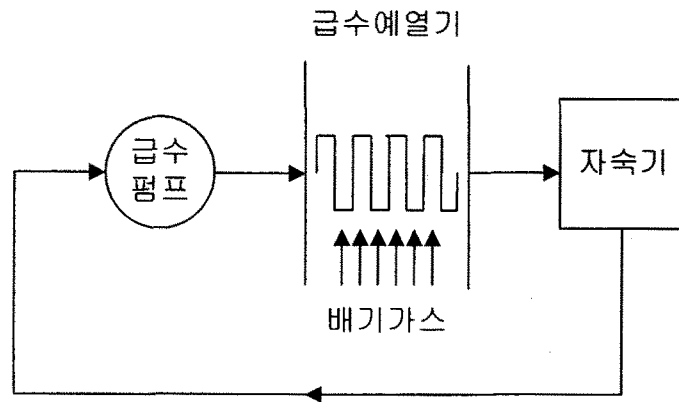
그림 14(b)는 자숙기내의 수위가 적절하여 물 보충이 필요 없을 때 순환되는 과정이다. 이때에는 자숙기내의 물이 순환펌프에 의해서 계속 순환되고 더불어 예열기를 통해 계속가열하게 되므로 보일러 연료소모량을 줄여 열효율을 높일 수 있다.

급수시의 유의 사항은 다음과 같다.

- ① 급수펌프의 작동상태를 확인한다.
- ② 급수용 전자개폐밸브의 작동상태를 확인한다.
- ③ 연관(smoke tube)이 완전히 해수에 잠길 때 까지 급수하고, 자숙기의 버너를 작동하여 온도를 상승시킨다.
- ④ 보일러 물순환기를 작동하여 연소초기에 발생할 수 있는 국부과열에 의한 위험성을 없앤다.
- ⑤ 처리수 온도가 60℃ 이상이 되면 급수예열기를 통하여 급수가 이루어지도록 하여 연소가스의 폐열의 이용율을 높인다.



(a) 자속기내 보충수 보충과정



(b) 자속기내 순환수 순환과정

그림 14. 자속기 내 물 보충 및 순환과정

⑥ 자속기의 온도가 상승하면 급수계통과 각종 이음새 등에서의 누설이 염려된다. 각종 기기 및 이음새, 밸브, 플랜지 등에서의 누설이 있는지 확인한다.

그림 15는 보일러 버너의 전체 시스템을 보여주고 있다. 주 버너시스템은 오일펌프, 오일히터, 팬 그리고 압력조절 및 기름순환용 각종 밸브로 이루어지며 파이롯트 버너는 LPG를 사용하였다. 버너가 작동되지 않는 경우에는 기름이 히터를 통해서 계속 순환함으로써 일정온도를 항상 유지하면서 언제라도 사용이 가능하도록 준비되어 있다.

9번 조절기를 통해 버너 분사압력을 조절이 가능하며 오일 펌프에서 과도한 압력이 걸릴 경우 6번 릴리프 밸브를 통해 리턴될 수 있도록 하고 있다.

주 버너 점화 전에 먼저 팬을 작동시켜 노내의 불활성 가스를 충분히 배출해 준 다음, 그림 1.8(b)와 같이 주 버너에 점화를 하게 된다.

파이롯트 점화장치에는 LPG와 함께 파이롯트 버너의 보호와 점화를 돕기 위해 공기가 필요하며 여기에는 소형팬을 부착해 사용하였다. 점화버튼을 누르면 LPG와 공기가 동시에 공급되며 버튼이 복귀되면 또한 동시에 LPG와 공기가 차단되게 된다.

버너는 자동화 정도에 따라 가격이 많이 차이 나므로 소비자의 사정을 고려하여 최소한의 비용으로 기존의 시스템에서 문제점을 보완하였다.

점화준비시 주의할 사항은

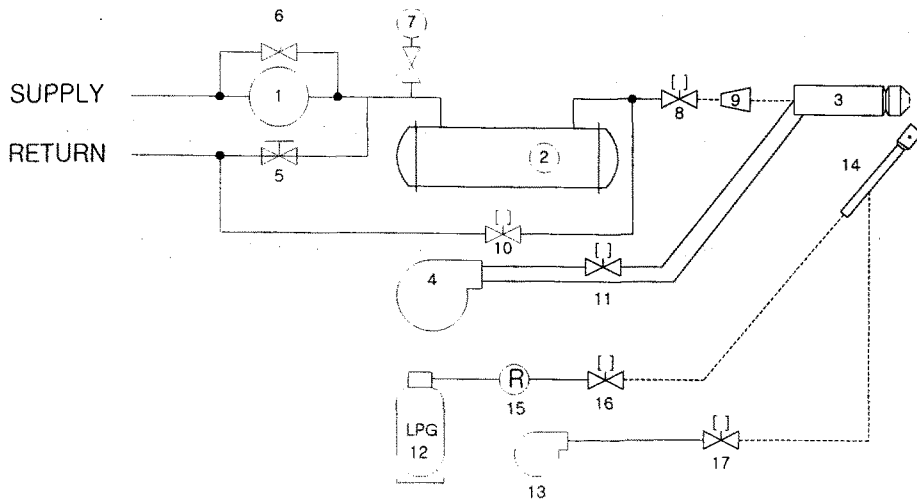
① 연료탱크의 연료를 확인한다.

점화를 시작할 때는 연료유의 유동성을 고려하여 디젤유를 공급하며, 중유가 예열되어 유동이 가능한 시점 즉, 자숙기를 정상운전할 때는 중유로 Bunker Change해야 한다.

② 버너 및 팬의 상태를 확인한다.

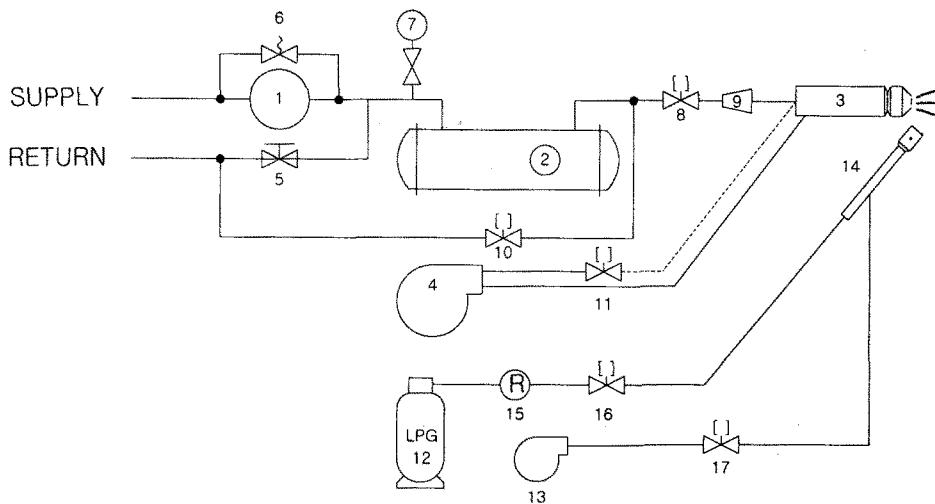
③ Ignitor의 작동상태를 확인한다.

④ 점화를 시작할 때에는 자숙기의 열응력을 최소화하기 위하여 자숙기의 부하를 점증적으로 증가시킨다.



(a) Pre-purge system of burner

1. OIL PUMP
2. OIL HEATER
3. NOZZLE
4. FAN
5. STOP VALVE
6. RELIEF VALVE
7. PRESSURE GAUGE
8. SOLENOID VALVE(N.C)
9. REGULATING VALVE
10. SOL. V/V(N.O)
11. SOL. V/V(N.N.O)
12. LPG
13. SMALL FAN
14. PILOT BURNER
15. REGULATOR
16. SOL. V/V(N.C)
17. SOL. V/V(N.C)



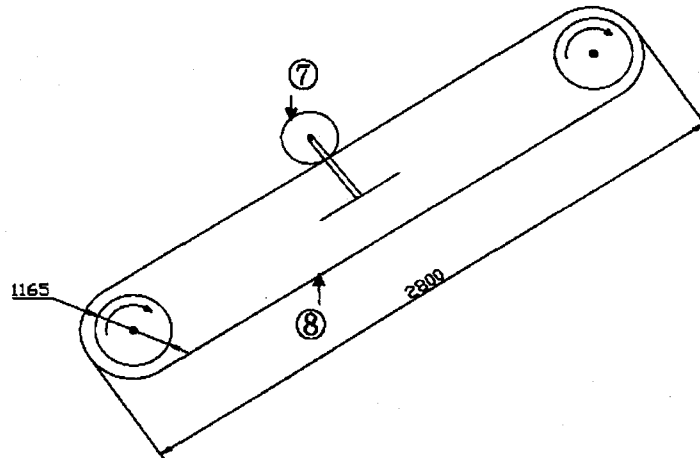
(b) Combustion system of burner

그림 15. 버너 시스템

($\frac{1}{4}$ load \rightarrow $\frac{1}{3}$ load \rightarrow $\frac{1}{2}$ load \rightarrow Full load)

⑤ 연소초기 또는 부하의 급격한 변동이 있을 때에는 연돌에 설치된 그으름 제거장치의 By-Pass Damper를 닫고 연소가스가 그으름 제거장치를 통과하도록 한다.

매연의 발생 정도에 따라 Spray Nozzle에 공급되는 물의 량을 조절한다.



- ⑦ 절수 롤러 장치
- ⑧ 이송 콘베이어

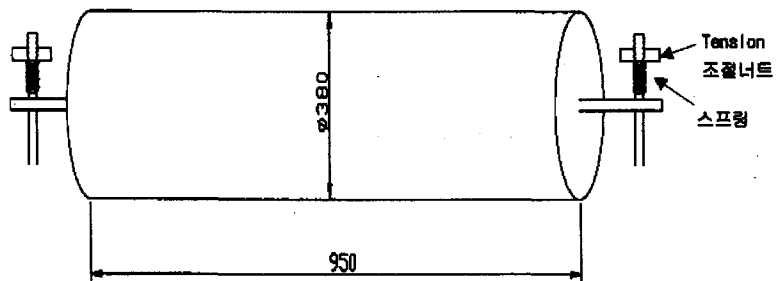


그림 16. 절수롤러장치

5) 절수롤러장치

자숙이 완료된 미역이 콘베이어에 의해 냉각탑으로 운반되어질 때에 다량의 자숙온수가 미역과 함께 냉각탑으로 달려 나가게 된다. 자숙온수의 냉각탑으로의 유실은 연료소비량 증가로 직결되어지기 때문에 자숙기의 열효율 저하를 초래하게 된다. 절수롤러 장치는 이러한 자숙온수의 유실에 의한 열손실을 감소시키기 위한 것으로, 자숙온수를 머금은 미역이 콘베이어와 절수롤러 사이를 통과하면서 미역과 함께 운반되어지는 자숙온수의 일부가 자숙기에로 회수되어지도록 하는 장치이다. 미역을 압착하는 정도는 장치된 스프링의 장력으로 조절된다.

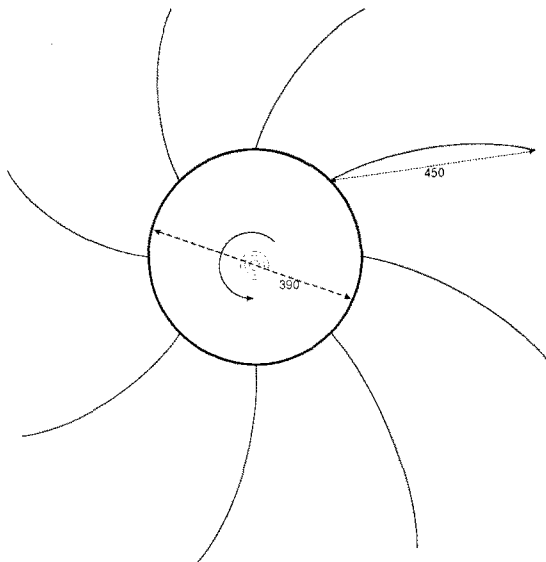
절수롤러의 직경 : 380mm

절수롤러의 길이 : 950mm

절수롤러의 재료 : 강판

절수원리 : 롤러의 자체하중과 스프링의 장력에 따른 조임력을 이용

6) 이송롤러장치



이송롤러 측면도

그림 17. 이송롤러장치의 측면도

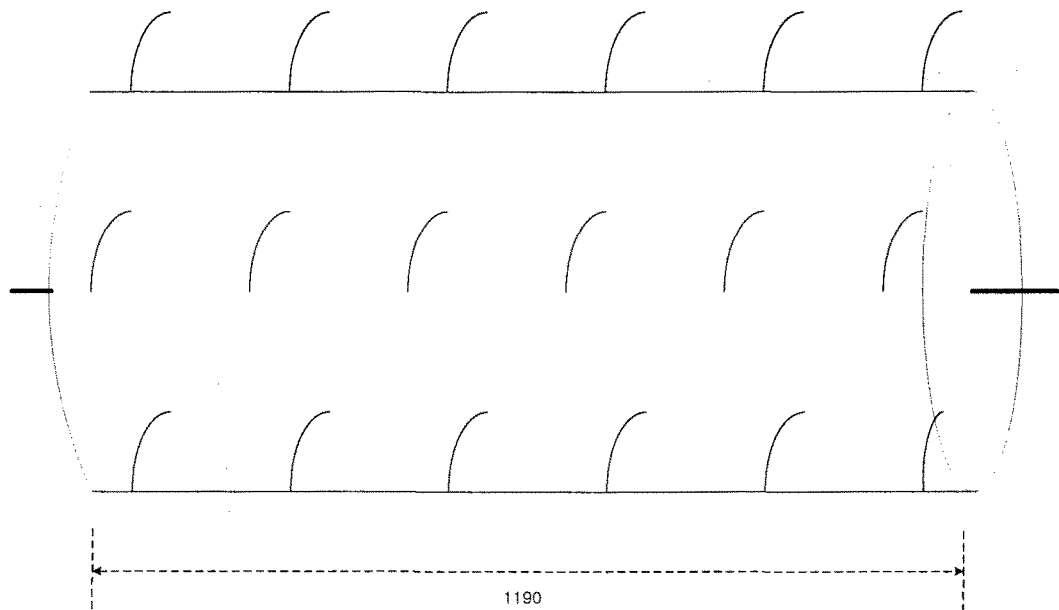
자숙기의 한쪽 끝(burner side)에 투입된 생미역을 콘베이어 쪽으로 이송시키는 장치로써, 이송 중에 생미역의 자숙이 완료된다. 회전수를 조절함으로써 자숙시간을 조정한다.

롤러의 직경 : 380mm

롤러의 길이 : 1100mm

이송편의 길이 : 450mm

재료 : 강판(Steel , Fe 99%이상 + C 0.8%이내)



이송롤러 사시도

그림 18. 이송롤러장치의 사시도

7) 콘베이어장치

이송롤러에 의하여 이송된 미역을 절수롤러장치를 거쳐 자숙기 외부로 이송시켜주는 장치로써 모터에 의하여 구동된다.

콘베이어 길이 : 2900mm

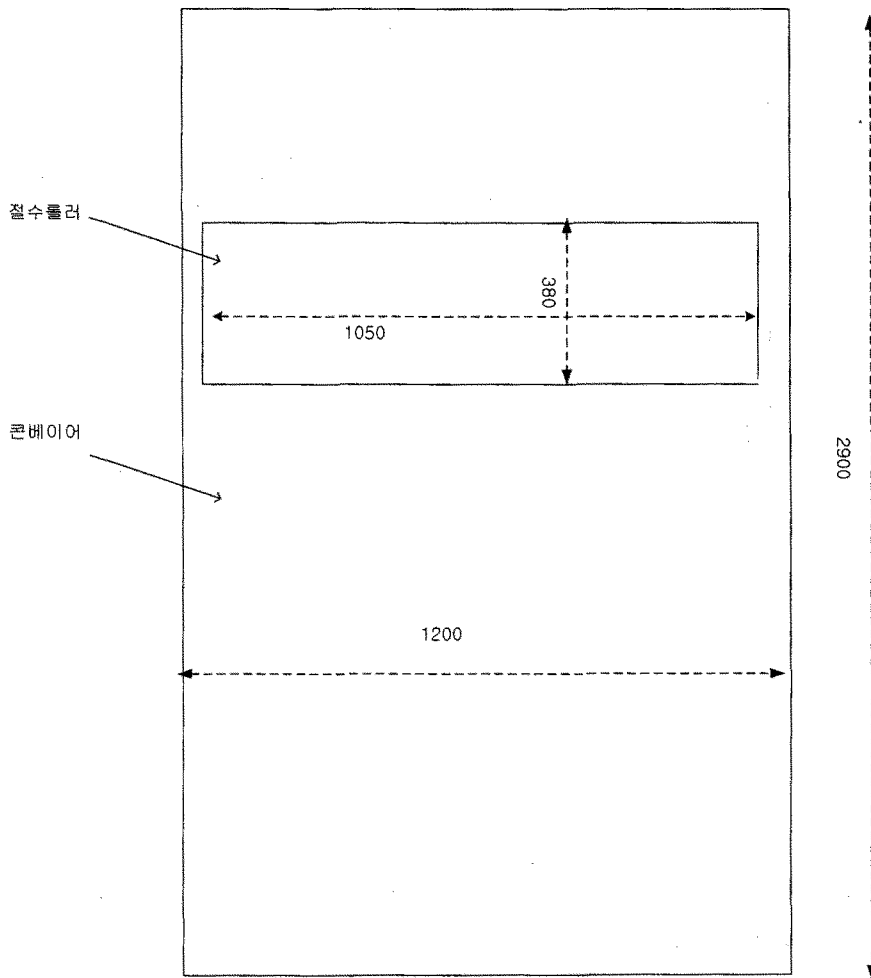
콘베이어 폭 : 1200mm

7) 그으름제거장치

그으름 제거장치는 자숙기의 부하변동에 따라 공기와 연료의 비가 적정치 못하여 불완전연소로 발생하는 그으름을 제거하는 장치이다.

구조는 다음 그림과 같이 사각형의 용기내에 연소가스를 설치하고 연소가스 통과면적이 갑자기 확대되어 용기 중에서 연소가스의 속도가 급격히 저하되고 연소가스 중의 그으름의 무게에 의하여 가스와 그으름이 분리되도록 하였으며 그으름제거 효과를 높이기 위하여 상부에서 물을 노즐을 통하여 분사하여 그으름제거 효과를 더욱 높였다.

그으름제거장치의 사각형 용기의 체적은 800×800×800mm이다.



컨베이어 & 절수롤러 장치 전면도

그림 19. 콘베이어와 절수롤러장치의 전면도

스프레이 노즐은 廣角FULL CONE SPRAY NOZZLE을 사용하였으며 상세는 다음과 같다.

노즐형태 : 4GG5.6W

오리피스 직경 : 2.0mm

최대 이물질 통과직경 : 1.0mm

분사유량 : 2.5 liter/분 (1kg/cm²)

분사각도 : 120°

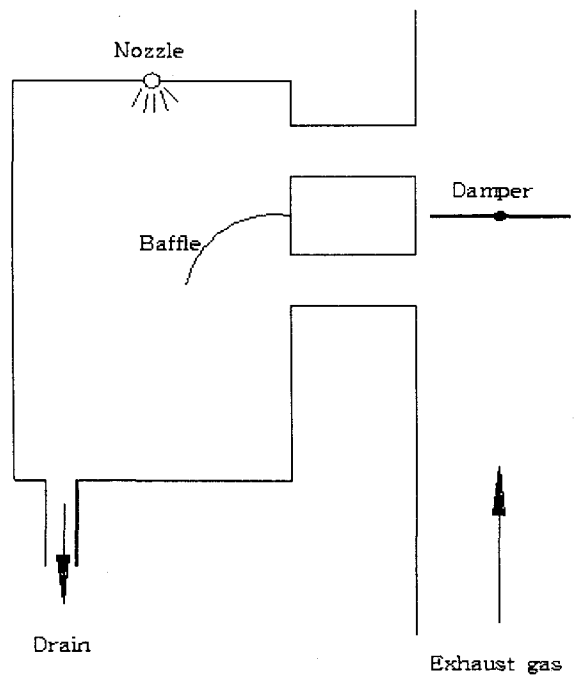


그림 20. 그으름 제거장치의 개략도

※ 廣角 FULL CONE SPRAY NOZZLE

특징 : 원형분사 형태로 분사각도는 풀콘 종류의 노즐에서는 최대이다.

벤부착으로 유량분포가 양호하다.

재질 : SUS303

표 3.에 노즐형태별 오리피스 직경과 분사량을 나타냈다.

표 3. 노즐형태별 오리피스 직경과 분사량

| 노즐형태 | | 오리피스 직경 | 최대이물 질통과 직경 | 유량 (liter/분) | | | | | | | 분사각도(°) | | |
|-----------|------------------|---------|-------------|--------------|-----|-----|-----|------|------|------|---------|-----|-----|
| 압나사파이프 접속 | 숫나사파이프 접속 | | | 0.5 | 1 | 1.5 | 2 | 3 | 4 | 5 | 0.7 | 3 | 5 |
| ½G28W | ½GG2.8W | 1.4 | 1.0 | | 1.2 | 1.5 | 1.7 | 2.0 | 2.3 | 2.5 | 120 | 120 | 102 |
| ½G4.3W | ½GG4.3W | 1.9 | 1.0 | | 1.9 | 2.3 | 2.6 | 3.1 | 3.5 | 3.9 | 120 | 120 | 102 |
| ½G5.5W | ½GG5.6W | 2.0 | 1.0 | 1.8 | 2.5 | 3.0 | 3.4 | 4.0 | 4.6 | 5.0 | 120 | 120 | 102 |
| ½G8W | ½GG8W | 2.5 | 1.3 | 2.6 | 3.5 | 4.2 | 4.8 | 5.7 | 5.5 | 7.2 | 120 | 120 | 103 |
| ¼G10W | ¼GG10W | 2.8 | 1.3 | 3.3 | 4.4 | 5.3 | 6.0 | 7.2 | 8.1 | 9.0 | 120 | 120 | 103 |
| ¼G12W | ¼GG12W | 3.3 | 1.3 | 3.9 | 5.3 | 6.3 | 7.2 | 8.8 | 9.8 | 10.8 | 120 | 120 | 103 |
| ¼G14W | ¼GG14W ¼MH14W | 3.6 | 1.6 | 4.6 | 6.2 | 7.4 | 8.4 | 10.0 | 11.4 | 12.6 | 120 | 120 | 103 |

7) 스토리지유인도관

직경 100mm (단면적 78.5cm²), 길이 4500mm인 강관을 사용한다.

이 강관의 중심선을 통하는 수평선부 양측에 직경이 20mm인 小孔(단면적 3.14cm²) 26개를 300mm 간격으로 그림과 같이 설치한다.

한쪽에 13개씩 총 26개의 소공의 중심은 자숙기의 저면으로 부터 50mm가 된다.

자숙기의 수위가 2500mm일 때 스토리지유인도관을 빠져나가는 해수의 속도(v)는

$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 9.8 \times 2.5} = 7 \text{ m/sec}$ 이므로 자숙기 하부에 쌓여 있는 미역찌꺼기 등이 물질을 쉽게 밖으로 배출시킬 수 있다.

이때의 배출량(Q)은

$$Q = AV = 0.00785 \times 7 = 0.05495 \text{ m}^3/\text{s} = 3.279 \text{ m}^3/\text{min}$$

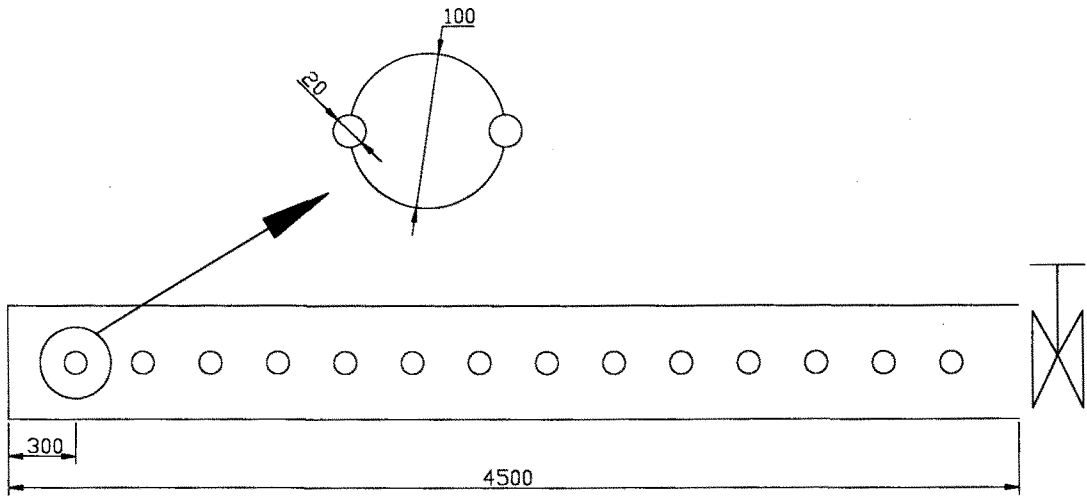


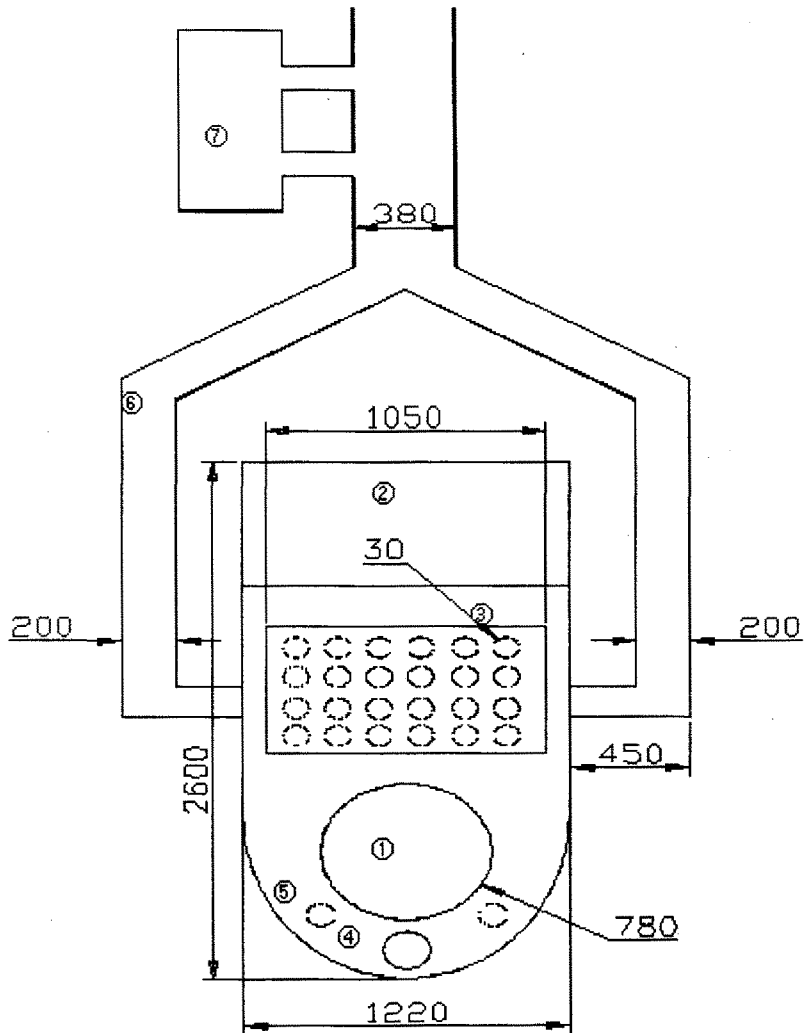
그림 21. 스토리지 유인도관

- 2차년도 :

1. 시제품 제작

다음 그림과 같은 시제품을 제작하였으며, 성능을 측정하였다.

그림 22 자숙기의 정면도, 그림 23 자숙기의 측면도, 그림 24 연관의 배치도, 그림 25 자숙기의 보일러부 측면도를 나타냈다.



- ① 노통 (Furnace $\varnothing 780$)
- ② 자숙부
- ③ 연관 (Smoke tube $\varnothing 80$)
- ④ 슬러지 유인도관 ($\varnothing 100$)
- ⑤ 급수관 ($\varnothing 12.5$)
- ⑥ 연돌 (450×450)
- ⑦ 그으름 제거장치 ($800 \times 800 \times 800$)

그림 22. 자숙기 정면도

사진 1에 자숙기의 전면도, 사진 2에 자숙기의 배면도, 사진 3에 자숙기의 보일러부를 나타냈다.

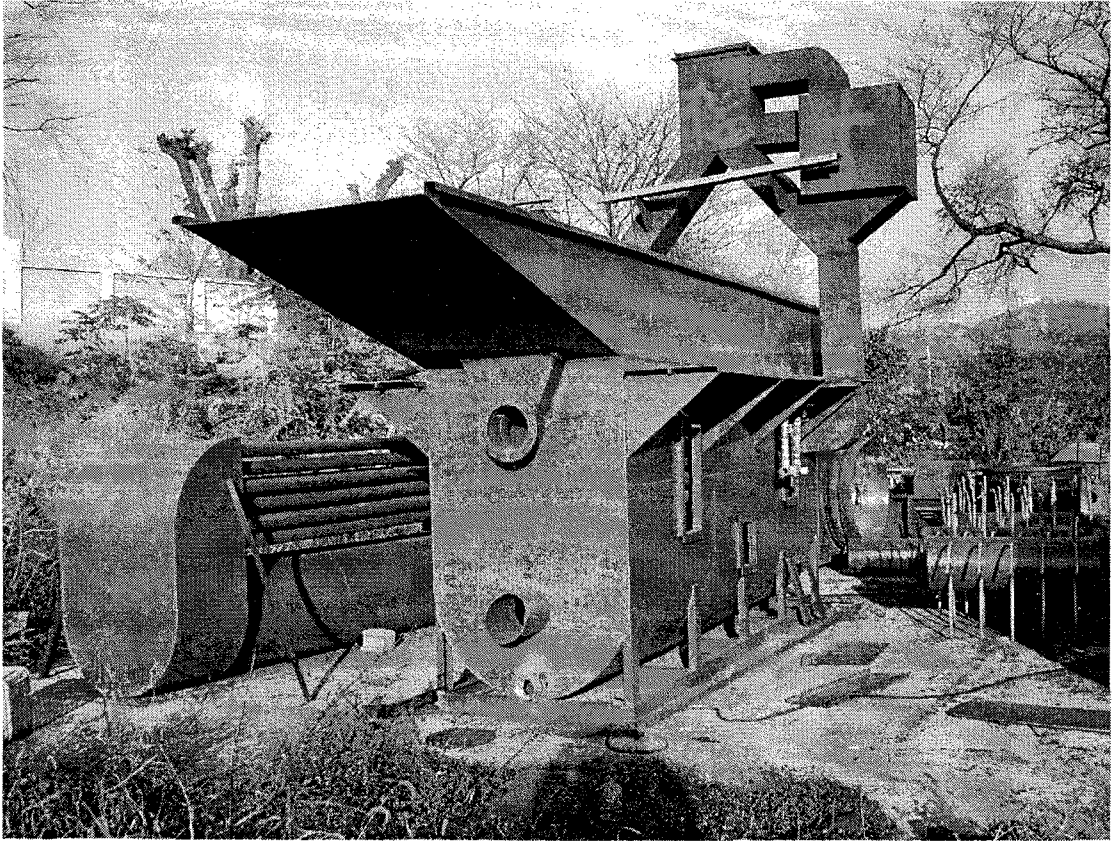
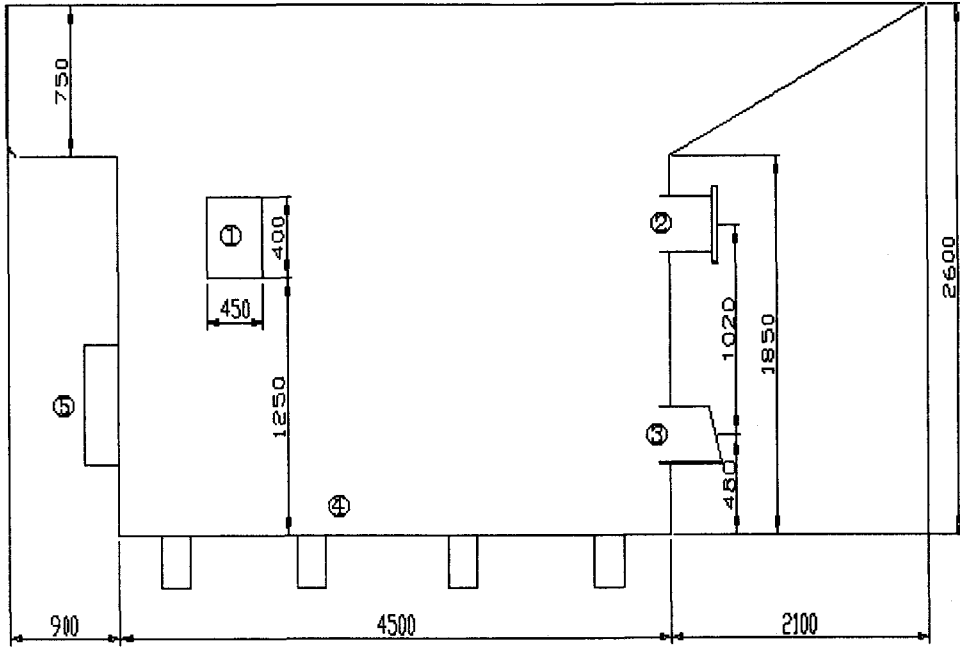


사진 1. 자숙기 전면도



- ① 연돌 ② 물순환기 주입구 (Ø250) ③ 역화방지구 (Ø250)
 ④ 지지대 ⑤ Burner

그림 23. 자숙기 측면도

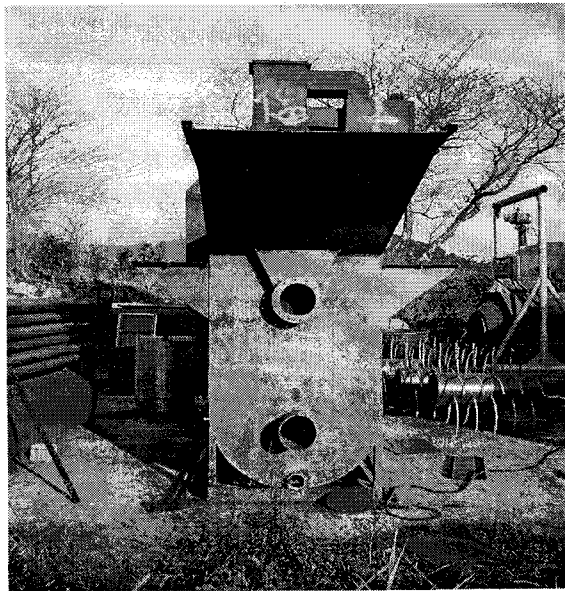


사진2. 자숙기의 배면도

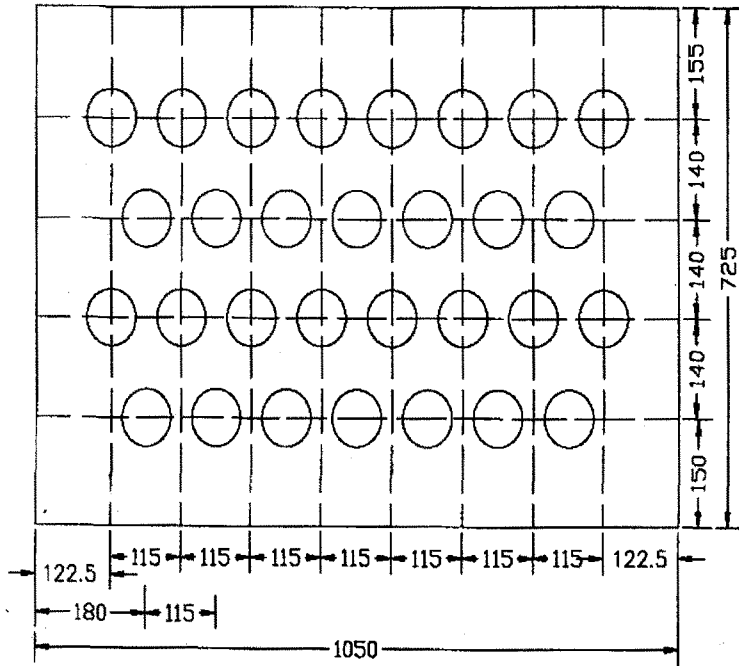


그림 24. 연관의 배치도

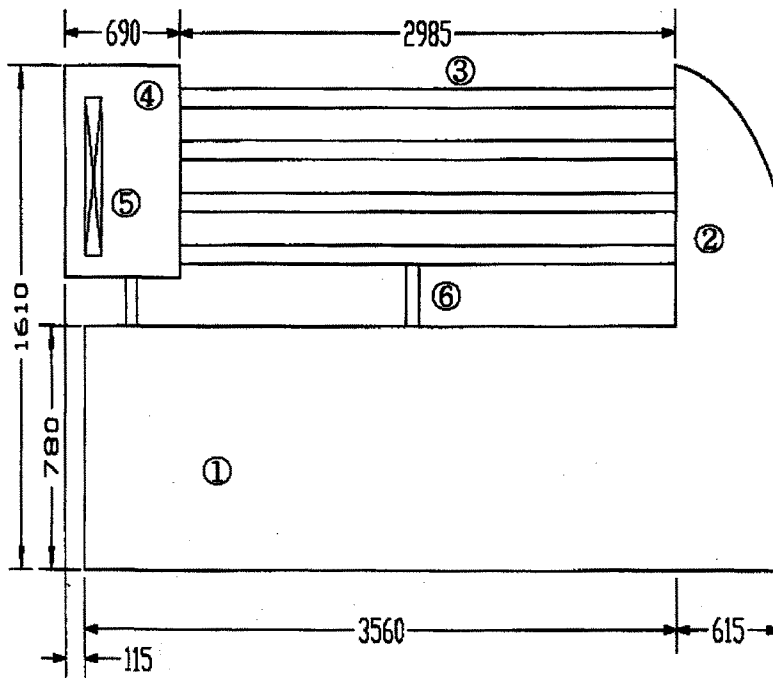


그림 25. 자숙기의 보일러부 측면도

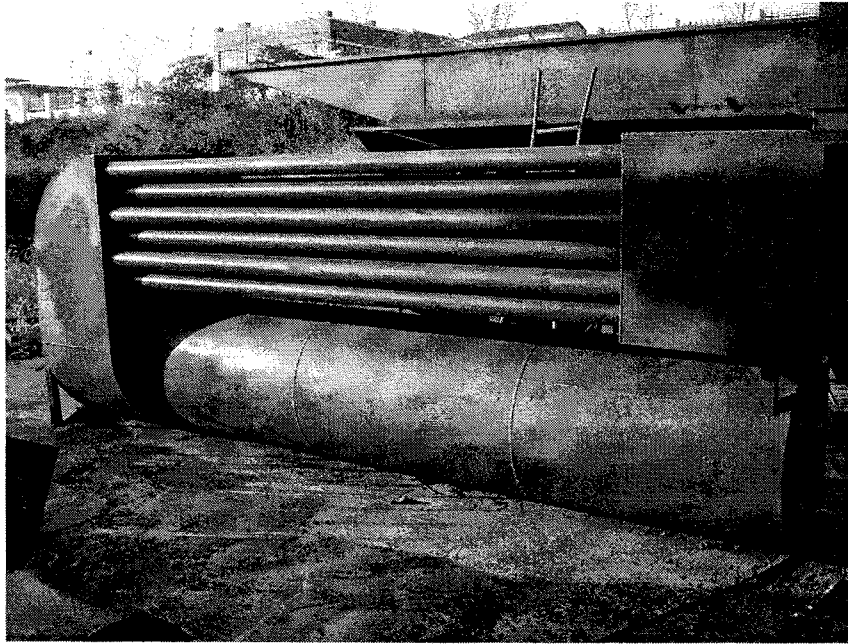


사진3. 자숙기의 보일러부

2. 자동화장치의 작동상태, 운전효율, 안정성 확인

① 절수롤러장치

처리수가 자숙중 외부로 미역과 함께 유출되어 자숙기의 열효율을 저하시켜 왔다. 처리수의 손실을 방지하는 장치로 미역 1톤을 자숙하는데 약 100 liter의 절수효과를 얻었다. 작동상태는 매우 양호하였으며 롤러의 측면에 부착되어 있는 스프링의 장력을 조절하여 미역의 질을 확보해야 한다. 이 장치에 대하여는 특허를 획득하였다.

실용신안특허 : 제 0239501호

고안명칭 : 연관 보일러식 미역자숙기

등록일 : 2001년 7월 11일

② 급수예열기

연소가스의 폐열 이용도를 증가시켜 연료소비량을 감소시키는 장치로 자숙기를 정상가동할 때(자숙용량 15ton/h) 급수온도를 70℃ 까지 가열효과를 얻었다. 급수가를 중단될 때 예열기 관의 과열이 문제로 되었다.

그러나, 재료를 내열한도가 870℃인 SUS-316L을 이용하였고, 급수가 중단되면 버너작동도 OFF되도록 설계되었으며, 재순환파이프 라인의 밸브가 열려 처리수가

재순환 함으로서 과열에 의한 문제점을 해결하였다.

③ 온도조절장치 :

자숙기의 버너장치는 요구사양에 따라 비용차이가 많이 나므로 최소한의 비용으로 사용이 가능하도록 로타리 보일러에 점화장치를 장착한 것과 자동화 장치가 장착된 시스템으로 구분하여 소비자가 선택해 사용할 수 있도록 하였다. 보일러를 자동으로 선택하면 자숙용 물 온도에 따라 버너의 작동이 자동 ON/OFF 제어됨으로써 자숙기내의 해수온도가 자동으로 조절된다.

처리수온이 90℃일 때 버너가 ON 되며, 95℃일 때 OFF되도록 하였으며 작동상태는 매우 양호하였다.

④ 수위조절장치 :

평상시에는 순환수 PP와 전자밸브 NO가 열려있어 자숙기내의 물이 계속 순환하며 보충수가 필요할 때는 전자밸브 NC가 열려 바닷물을 보충하게 된다. 이러한 일련의 과정은 무접점 레벨센서에 의해서 자동으로 행해지며 비상시를 대비해 수동작동이 가능하도록 하였다. 실험결과 수위조절 성능은 매우 양호하였다.

⑤ 이송롤러 장치

미역을 자동으로 이송시키고 이동속도를 변화시킬 수 있으므로 작업원을 줄일 수 있고 물에 의한 화상의 위험을 줄일 수 있었다.

또한 이송롤러의 회전에 의하여 자숙 중인 미역의 손상이 없었으며, 장치의 작동상태, 안정성은 매우 양호하였다.

⑥ 그으름 제거장치

연소개스의 통과면적의 갑작스런 확대로 개스의 유동속도가 감소되어 그으름이 제거됨과 동시에 용기 상부에 부착된 노즐로부터 물이 분무되므로 연소가스 중의 그으름의 중량이 증가되어 그으름 제거장치의 하부로 모이게 되므로 그으름을 제거되었다.

노즐에 공급되는 물의 량을 조절하여 폐수의 량을 최소화하여야 한다.

⑦ 스테이지 유인도관

자숙기물을 빼기 시작할 때 유인도관에 뚫린 26개의 직경 20mm 小孔에서의 유속은 7m/s 이므로 자숙기 하부에 고여 있는 각종 이물질들을 완벽하게 제거하였다.

자숙기의 처리수를 교환할 때에는 자숙기 작동을 멈춘 1시간 후에 밸브를 열어 침전물을 제거시키는 것이 바람직하다.

스리지 제거효과는 매우 양호하였다.

3. 대량, 연속자숙시 미역제품의 품질확인

미역의 품질은 자숙온도와 시간에 따라 결정된다.

다량의 미역을 연속하여 자숙하는 경우 자숙부에서의 처리수의 온도변화가 심하기 때문에 자숙부하가 변화하거나 高負荷인 경우에도 미역의 품질을 일정히 유지하기 위해서는 자숙온도는 90-95℃로 항상 유지하여야 하고 자숙시간은 15-20초를 유지하여야 하며 자숙이 끝난 즉시 깨끗하고 차가운 해수로 냉각시켜야 한다.

1) 자숙온도 유지

급수시스템의 개선, 보일러물 순환기, 자동온도조절장치, 급수예열기의 채택으로 처리수의 온도를 항시 90-95℃로 유지하였다.

자숙기 내에서의 처리수의 온도를 측정하기 위하여 아래 그림 26에서 ○으로 표시된 위치에 9개의 온도계를 설치하여 상태변화에 따른 처리수의 온도변화를 측정하였다.

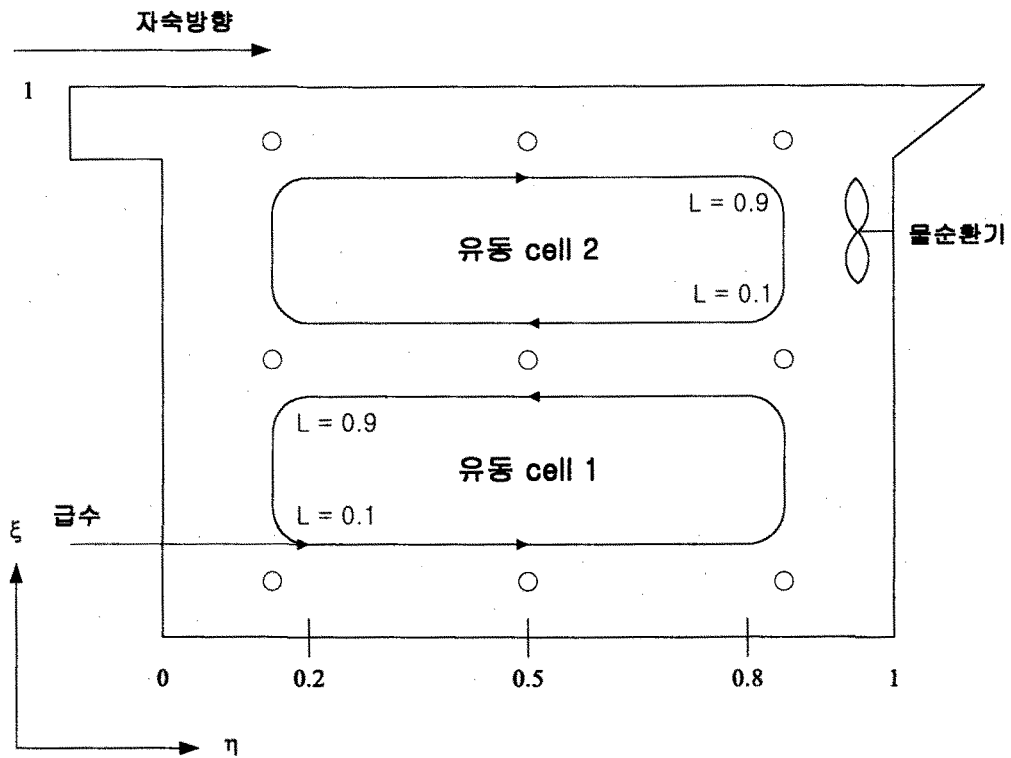
물순환기를 작동하면 처리수는 2개의 유동셀을 나타낸다.

유동셀 1은 처리수가 유입되어 furnace의 끝부분, 물순환기 입구(연관군 시작부)를 통하여 다시 급수 주입구의 입구 방향으로 되돌아 오는 사이클을 그린다. 그리고, 유동셀 2는 연관군 시작부(물순환기 입구)에서 연관군의 끝, 자숙부 시작을 통하여 물순환기 입구로 되돌아오는 사이클을 그리게 된다.

그림 27은 자숙기를 운전하기 위하여 연소를 개시할 때 처리수의 온도변화 추이를 나타낸 것이다. 온도측정 위치는 $\eta=0.2$ 와 $\xi=0.2, 0.6, 0.9$ 이다.

연소개시 초기에는 열응력 발생을 막기 위하여 연소부하를 점차적으로 증가하였다. 보일러 물순환기로 처리수를 강제적으로 순환하기 때문에 보일러부와 자숙부의 온도차이는 거의 발생하지 않았다.

미역의 자숙 적정온도는 90-95℃ 이므로 연고개시 30분 이후엔 자숙을 시작할 수 있다.



(온도 계측 위치와 처리수 유동 패턴)

그림 26. 온도계측 위치와 처리수 유동패턴

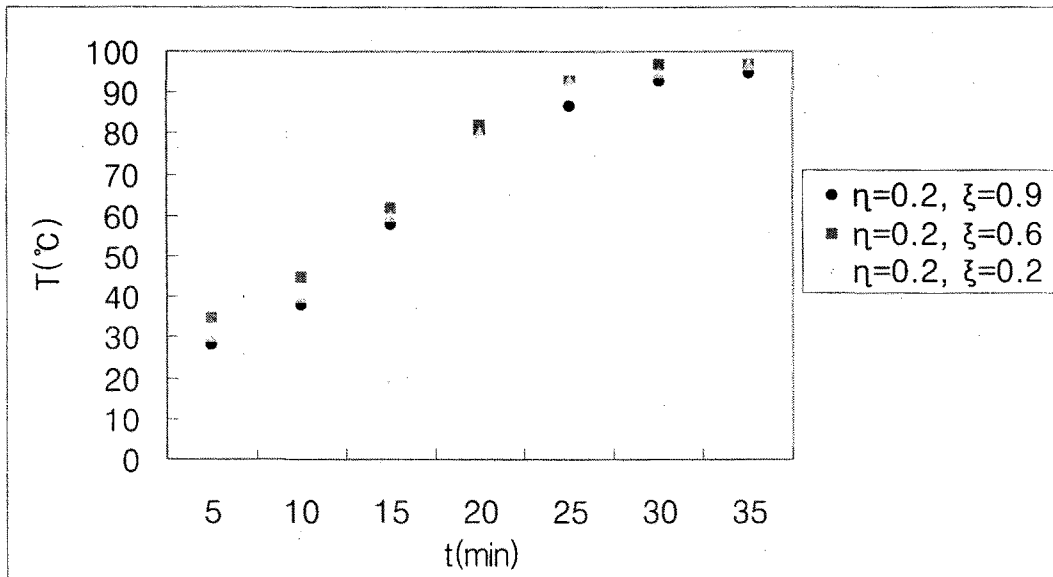


그림 27. 처리수의 온도변화추이

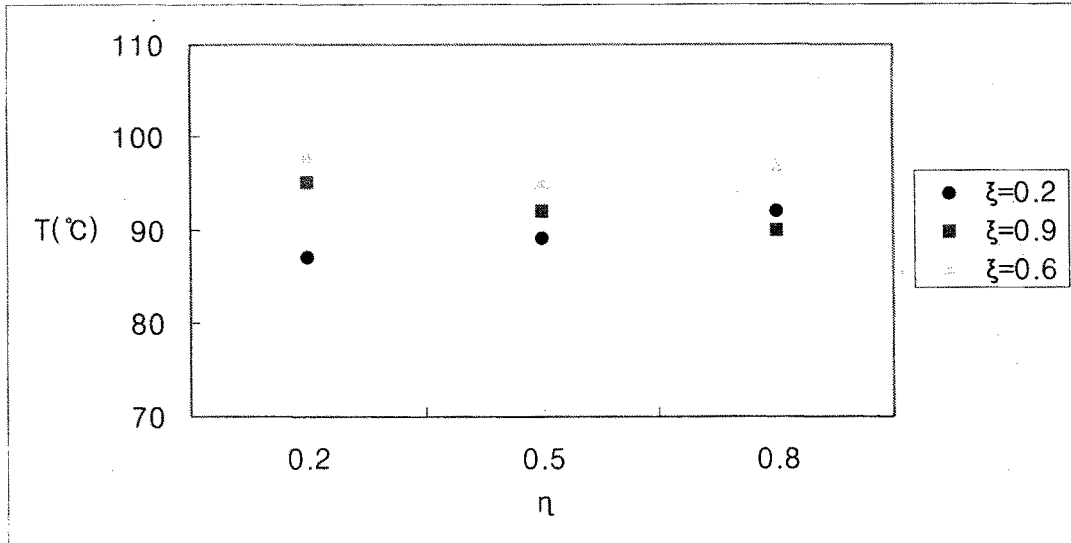


그림 28. 자숙용량 15ton.h 일 때 처리수의 온도분포

그림 28은 미역 자숙용량을 15ton/h로 자숙시킬 때 자숙기의 온도분포를 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 보일러 물순환기에 의한 처리수의 강제순환 때문에 처리수의 최대 온도차는 약 10°C로 이는 열응력에 기인한 노통, 연관부 및 각종 이음새에서의 열응력을 최소화할 수 있음을 나타낸 것이다.

그림 29는 자숙용량 15ton.h 일 때 유동셀의 온도분포를 나타낸 것이다.

유동셀 1은 보일러부에서의 처리수의 유동으로 유동셀 2에 비하여 온도가 전반적으로 높다.

실제 미역이 투입되어 자숙이 이루어지는 곳은 유동셀 2의 L= 0.6-0.9 위치이며 이곳에서의 처리수 온도는 95°C에서 93°C, 91°C로 저하하므로 자숙용량이 15ton/h 일 때 미역의 질을 확보하기 위한 자숙온도와 일치하였다.

여기서 L은 유동셀의 전체 길이에 대한 유동위치를 나타낸 것이다.

유동셀 1, L=0.1의 처리수 온도는 87°C로 급수예열기에서 예열된 급수가 자숙기로 유입하면서 97°C의 순환수와 접하기 때문에 온도가 제일 낮게 나타났다.

유동셀 1, L=0.9의 처리수 온도는 자숙기에서 가장 높은 처리수 온도로 연관군의 끝단을 거쳤기 때문에 97°C로 나타났다.

처리수의 최대 온도차는 10°C 정도였다.

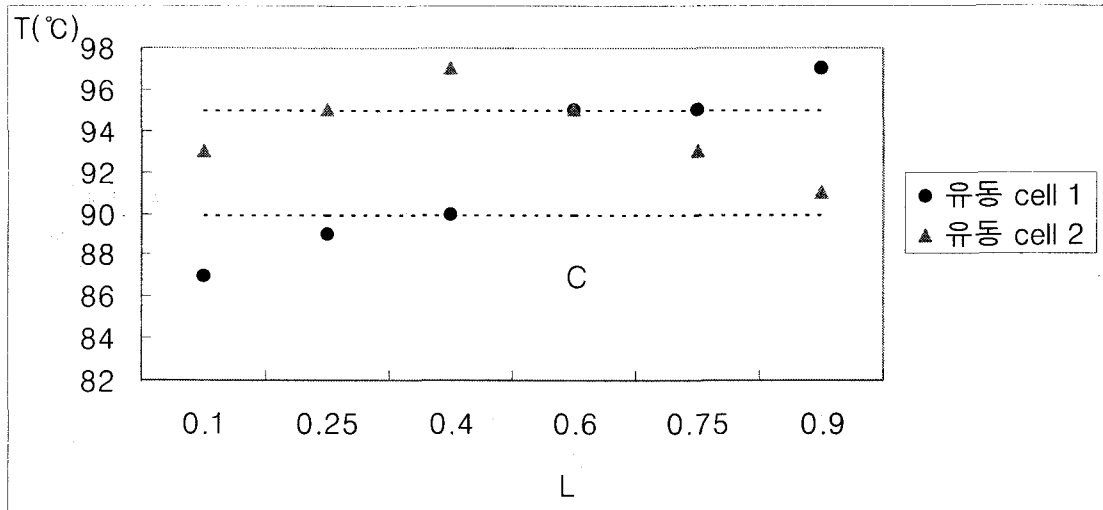


그림 29. 자숙용량 15ton/h 일 때 유동셀의 온도분포

2) 자숙시간 유지

보일러물순환기의 회전수조절(pulley의 직경조절), 이송콘베이어 및 롤러의 속도조절로 미역이 자숙기를 통과하는 시간을 15-20초로 조절한다.

3) 스톨리지유인도관의 채택

스톨리지 유인도관을 자숙기하부에 설치하여 자숙과정에서 발생하는 찌꺼기 등 이물질들을 제거하고 처리수를 깨끗하게 유지할 수 있다.

4) 절수롤러장치의 스프링텐션 조절

절수를 목적으로 절수롤러장치의 텐션을 너무 크게 하면 미역의 품질 저하를 초래하므로 스프링 텐션을 자숙용량에 따라 적절히 조절하여야 한다.

4. 시제품자숙기의 경제성 분석

1) 그으름제거장치의 채택 --- 최근 환경에 대한 인식이 바뀌면서 그으름에 의한 환경오염원의 단속이 강화되었다.
 열용력의 최소화로 보수비용의 절감 -- 보수비용은 연간 약 200만원 정도이며 대부분은 물순환시스템의 불량으로 인한 부동팽창과 과열이 원인이었다. 시스템을 개선하여 그 원인을 제거하였으므로 보수비용을 최소화할 수 있다.

2) 장치의 수명연장 ----- 기존의 장치는 수명이 2년 정도였다. 그러나 과열과 열응력을 제거하였으므로 수명은 3-4년으로 늘릴 수 있다.
그러나, 시스템개선과 각종 자동화장치의 채택으로 인한 생산비용증가액은 약 400만원에 불과하다.

3) 개발효과 ----- 연관 보일러식 자숙기로 10톤의 생미역이나 다시마를 자숙하는데 약 200 liter의 증유가 소비된다.

우리나라에서 생미역 생산량이 연간 35만톤, 다시마생산량이 2만톤 임을 감안한다면

- 30%이상 연료비 절감(연간 약 6억 8,000만원)
- 자숙기의 사용년한 증가에 기인한 이득(연간 약 3억7,000만원)
- 수리비 절감에 따른 이득(연간 약 5,000만원)

제 4 장 연구개발 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

1. 대량, 연속 자숙시 처리수온의 일정 유지

기존의 급수시스템은 자숙부 상부에서의 처리수손실 즉 처리수 유출과 자숙부 상부의 급수되는 시스템으로 구성되었다. 미역을 대량으로 자숙하는 경우 그만큼 처리수의 손실이 많으므로 급수량도 많아진다.

이러한 경우 예열되지 않은 해수가 (겨울철엔 거의 0℃ 정도임) 그대로 자숙기 상부에 유입되어 처리수와 혼합되기 때문에 실제로 미역이 자숙되는 처리수온은 80℃ 이하가 된다. 이로 인하여 완전한 자숙이 이루어지지 않고 처리수온 또한 변동이 심하였다.

완전한 자숙을 이루고, 자숙시간을 단축하고, 처리수의 온도를 일정히 유지하기 위하여 예열 및 급수 시스템을 다음과 같이 개선하였다.

가. 급수예열기의 채택

연관을 통과한 연소가스는 그대로 대기중으로 방출되어 연소가스의 폐열 이용율이 거의 제로였다. 이를 개선하여 70℃ 정도의 급수예열효과를 얻었으며, 이 예열된 처리수를 노통의 하부로 급수함으로써 자숙부하의 변동에 관계없이 자숙부의 온도를 90-95℃로 유지할 수 있었다.

나. 보일러물 순환기의 설치

기존의 자숙기는 재래식 솥과 같이 보일러부에서 연료를 연소하여 물을 데우고 부족한 처리수는 자숙부 상부에서 공급하는 형식을 취하였다. 그러다보니 처리수의 순환이 매우 불량하여 보일러부는 처리수온이 상승하여 과열되고 또한 미역찌꺼기 등의 이물질이 고온의 전열부에 부착하여 부동팽창의 원인이 되어 장치의 수명을 단축시키고 균열의 발생으로 인한 사고가 빈번하였다.

이 설계에서는 자숙기에서 물이 나가는 곳은 자숙부의 상부이고 급수는 자숙기 하부에서 이루어지게 하였다. 또한 자숙기 저면으로부터 1500mm 되는 곳에 모터(5Hp)에 의하여 구동되는 프로펠러식 물순환기(직경 220mm, 1350rpm)를 장치하여 자숙기 내에서의 물순환이 강제적으로 2개의 유동셀로 되도록 설계하였다.

온도차에 기인한 열응력을 제거하여 균열과 부동팽창에 의한 자숙기의 손상을 최소화하였다. 이로 인하여 자숙기의 수명이 3-4년으로 연장될 것으로 추정하고 있으며, 연간 보수비용도 절감하였다.

다. 온도조절장치의 설치

보일러는 요구사양에 따라 비용차이가 많이 나므로 최소한의 비용으로 사용이 가능하도록 로타리 보일러에 점화장치를 장착한 것과 자동화 장치가 장착된 시스템으로 구분하여 소비자가 선택해 사용할 수 있도록 하였다. 보일러를 자동으로 선택하면 자숙용 물 온도에 따라 보일러가 자동 ON/OFF 제어됨으로써 자숙기내의 해수 온도가 자동으로 조절된다.

처리수온이 90℃가 되면 버너가 작동하고 95℃가 되면 버너의 작동이 스톱된다.

2. 연소효율의 개량 및 연소개스의 흐름분석

기존의 자숙기는 버너에서 분사된 연료는 노통(furnace)에서 연소되어 연소가스는 연관(smoke tube), 연돌을 거쳐 그대로 대기중으로 배출되도록 되어 폐열의 이용률이 전무하였다. 또한 버너의 점화장치도 기름을 묻인 솜방망이를 이용하여 점화시키는 전근대적인 방법을 이용하였다.

연료와 공기의 비가 자동제어되고, 버너의 점화도 Ignitor를 이용한 Burning System으로 개선하여 연소효율을 최대화하고 역화에 의한 산업재해를 막도록 하였다. 연소가스의 폐열을 이용한 급수예열기를 채택하여 급수온도를 70℃이상 올릴 수 있었으며, 예열된 물이 급수됨으로 온도차에 기인한 열응력을 최소화하고 연료소비량을 30% 이상 줄일 수 있었다.

급수시스템 개량하여 연소가스에 의한 전열면의 국부과열, 부동팽창을 예방, 연간 약 200만원 정도되던 보수비용을 경감하였다.

또한 자숙기의 급격한 부하변동으로 인한 불완전연소 때문에 발생하는 그으름이 여과됨이 없이 대기중으로 방출되어 환경오염원으로 되었다. 이를 막기 위하여 연돌에 그으름제거기를 부착하여 그으름을 완벽하게 제거하였다.

3. 열응력제거를 위한 물순환장치의 설계와 개발

기존의 자숙기는 재래식 솥과 같이 보일러부에서 연료를 연고하여 물을 데우고 부족한 처리수는 자숙부 상부에서 공급하는 형식을 취하였다. 그러다보니 처리수의

순환이 매우 불량하여 보일러부는 처리수온이 상승하여 과열되고 또한 미역찌꺼기 등의 이물질이 고온의 전열부에 부착하여 부동팽창의 원인이 되어 장치의 수명을 단축시키고 크랙으로 인한 사고가 빈번하였다.

이 설계에서는 자숙기에서 물이 나가는 곳은 자숙부의 상부이고 급수는 자숙기 하부에서 이루어지게 하였다. 자숙기 저면으로부터 1500mm 되는 곳에 모터(5HP)에 의하여 구동되는 프로펠러식 물순환기(220mm, 1350rpm)를 장치하여 자숙기 내에서의 물순환이 강제적으로 2개의 유동셀로 되도록 설계함으로써 온도차에 기인한 열응력을 최소화하였다.

4. 자동화 수준향상

가. 자동연소시스템

자숙기 내의 처리수 온도에 따라 버너의 작동이 자동적으로 이루어지도록 하였다. 처리수온이 90℃가 되면 버너가 작동하고 95℃가 되면 버너의 작동이 스톱된다.

나. 수위조절

평상시에는 순환수 PP와 전자밸브 NO가 열려있어 자숙기내의 물이 계속순환하며 보충수가 필요할 때는 전자밸브 NC가 열려 바닷물을 보충하게 된다. 이러한 일련의 과정은 무접점 레벨센서에 의해서 자동으로 행해지며 비상시를 대비해 수동작동이 가능하도록 하였다.

다. 수온

보일러는 요구사양에 따라 비용차이가 많이 나므로 최소한의 비용으로 사용이 가능하도록 로타리 보일러에 점화장치를 장착한 것과 자동화 장치가 장착된 시스템으로 구분하여 소비자가 선택해 사용할 수 있도록 하였다.

보일러를 자동으로 선택하면 자숙용 물 온도에 따라 보일러가 자동 ON/OFF 제어됨으로써 자숙기내의 해수온도가 자동으로 조절된다. 다음 그림은 자숙용 해수의 자동온도조절 시스템의 개략도를 보여주고 있다.

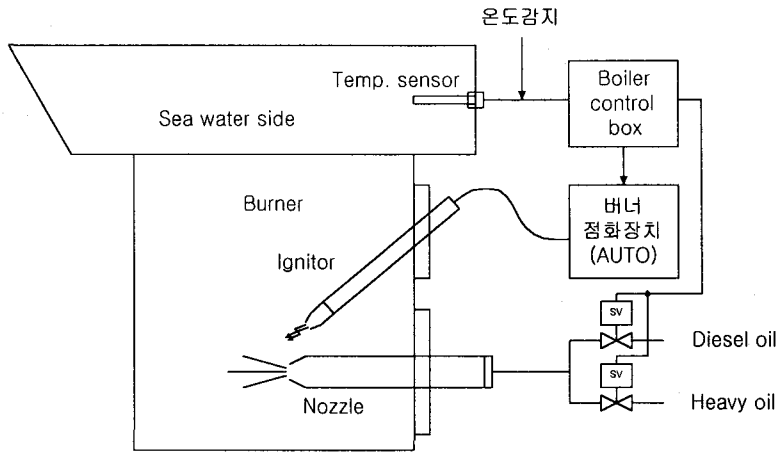


그림 30. 자숙용 물 온도 자동조절 시스템

라. 이송롤러장치

이송롤러장치는 자숙기로 미역이 이송된 뒤 이 장치의 회전에 의하여 자동으로 이송되면서 자숙시키며 자숙된 미역을 냉각시키는 곳까지 이송시키는 장치이다. 이송롤러장치의 회전수를 변화시키면 적절한 자숙시간 15-20초를 유지할 수 있다.

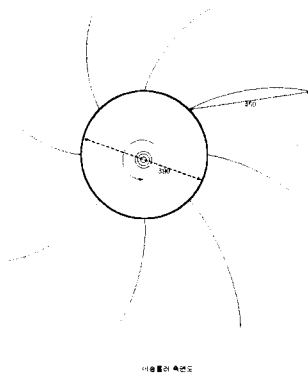


그림 31. 이송롤러장치 측면도

마. 절수롤러장치

이 장치는 자동으로 미역중의 처리수 유출을 막아주는 장치이다.

절수롤러장치에서 나온 처리수는 보일러물 순환기의 입구와 연결되어 있어 쉽게 흡입되어 재가열되므로 처리수의 손실을 자동으로 줄여준다.

바. 보일러 물순환기

보일러물의 순환을 양호하게 하기 위하여 자숙기 후면에 5HP의 모타로 구동되고 직경이 220MM, 회전수 1350RPM인 스크류식 물순환기를 장치하여 자숙기 내에서의 물유동이 2개의 셀로 이루어질 수 있도록 하여 보일러부가 과열되어 전열면의 부동팽창, 균열을 방지할 수 있다.

사. 급수예열기

자숙기전면 Smoke box내에 설치하며, 관의 직경 : 25mm, 관의 길이 1034cm 인 관을 설치하였다.

관의 재료는 SUS-316L (18%Cr, 12%Ni, Mo)이며 내열온도 : 870℃이다.

급수예열기의 전열면적은 $8116.9 \text{ cm}^2 \approx 0.8117 \text{ m}^2$ 이다.

Smoke Box내에서 연소가스의 온도가 약 400℃ 일 때 급수의 온도상승효과는 자숙기를 정상적으로 운전하는 경우 (자숙용량이 15ton/h) 약 70℃ 였다.

아. 그으름제거기

연돌에 800×800×800MM의 통을 만들고 이곳에서 연소가스의 유속이 갑자기 감소하도록 하여 그으름이 이 통의 하부에 모이도록 하고, 또한 상부 노즐에서 물을 분무하여 연소가스 중의 그으름의 중량을 증가시킴으로써 그으름을 완전히 제거하는 시스템으로 구성하였다.

5. 물순환시스템의 개선 및 열효율향상

중전의 경우에는 물순환기가 없었고, 급수는 급수예열기에서 예열되지 않는 상태에서 상부로부터 행하였기 때문에 자숙기 하부와 상부와의 최대 온도차가 23℃ 였다 이 온도차로 인하여 열응력이 발생하고 국부적 과열현상이 발생하여 균열과 부동팽창이 발생하는 등 자숙기의 수명이 2-3년으로 매우 짧았다.

물순환시스템을 개선하기 위하여 모터구동 프로펠라의 회전에 의한 물순환기를 작동시키고, 급수를 Furnace 하단 2개소에서 공급하도록 시스템을 개선하여 자숙기내에서의 강제순환 유동셀을 2개가 되도록 하여 자숙기 내에서의 처리수의 최대온도차가 10℃ 이하가 되도록 하였다.

이로 인하여 얻어지는 잇점은

- 물순환 불량에 의한 열응력을 최소화하였고
- 국부적 과열에 의한 균열과 부동팽창을 막을 수 있다.
- 연료소비량을 줄일 수 있다.

→ 자숙기의 수명을 연장시킬 수 있다.

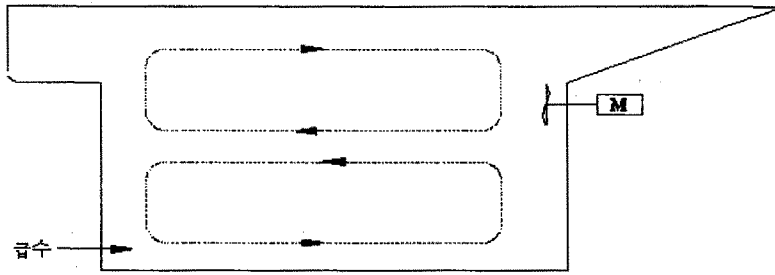


그림 32. 자숙기내에서의 물순환시스템

6. 자숙기의 수명연장 및 유지비경감

보일러물 순환시스템의 개선, 보일러물순환기에 의한 처리수의 강제유동에 의하여 열응력을 최소화하고 온도차에 의한 부동팽창을 최소화하였다. 또한 스러지 유인도관을 설치하여 자숙기 내부에 쌓여 처리수를 오염시키고 부동팽창의 원인이 되었던 스러지를 효율적으로 제거함으로써 자숙기의 수명을 기존의 2-3년에서 최소 3-4년으로 1년 이상 증가시킬 수 있다.

그리고, 연간 약 200만원 이상 소요되던 유지보수비도 최소화하여 자숙기 미사용기간에 자연에 노출된 채로 방치함으로써 발생하는 보수비용 이외는 거의 없을 것으로 판단된다.

7. 연료소비량 감소

가. 자숙기를 최초로 작동할 때에는 연소개스의 통로가 되는 노통과 연관군의 직상 10cm 정도까지만 처리수를 채우고 연소를 시작한다. 처리수 수온이 50℃ 이상이 될 때 급수예열기를 작동하여 자숙부에 나머지 처리수를 채우고 물순환기를 작동하여 초기의 처리수 수온상승시 폐연소가스의 열손실을 최소화한다.

나. 자숙이 시작되면 모든 처리수는 급수예열기를 통과하도록 한다.

급수예열기 실험시 성능실험 결과는 다음과 같다. (연소개스 온도 약 400℃)

- 급수예열기 통과 전의 물의 온도 17℃

- 급수예열기 통과후의 처리수 온도 89 ℃

다. 절수롤러장치를 개발하여 자숙기에서 빠져나가는 처리수의 양을 최소화하였다.

- 미역 1톤당 약 100 liter의 처리수의 손실을 막을 수 있다.

라. 실험 결과

기존자숙기 미역 자숙용량이 10톤 일 때 연료소비량 ----- 200liters

◆ 급수예열기 작동, 물순환기 작동, 미역 자숙용량이 10톤 일 때의 연료소비량
----- 141 liters

◆ 연료소비량은 약 30% 감소되었다.

◆ 우리나라에서 자숙업자가 처리하는 미역량은 대략 35만 톤/년, 다시마 2만톤/년이므로 연료비 절감은 연간 약 7억원이 된다.

8. 자숙기 생산가격

생산가격 증가 요인은 종전의 시스템에 비하여 약 400만원의 생산가격 상승 요인이 있다.

자숙기 생산원가 상승에 영향을 미친 내용은 다음과 같다.

가) 급수관련 시스템

- 3-Way valve 2개 구입부착
- 5 Hp Motor 2개 구입
- 절수롤러장치 제작
- 자숙기 물순환장치 제작
- 수위 및 수온자동조절장치 제작
- 스펀지 유인도관 제작
- 콘베이어 및 이송롤러장치의 개선

나) 연소관련 시스템

- Burner Ignitor 1개 구입
- 개스통 구입
- 그으름제거장치 제작(스프레이 노즐)
- 역화방지구 설치

9. 미역의 질 향상

가. 미역에는 산성성분이 포함되어 있어 자숙과정에서 미역의 클로로필 성분을 파괴하여 미역의 색상을 불량하게 하는 원인이 된다. 따라서 미역자숙시에는 산성 성분이 처리수에 축적되므로 처리수를 교환하여야 하며, 산성성분은 수증기와 함께 증발되므로 자숙시에는 뚜껑을 덮어두어서는 않된다.

따라서 적절한 처리수의 공급은 필수적이므로 이에 따른 열량손실은 부득이한 것이다.

→ 절수롤러장치 설치

→ 스투지 유인도관 설치

나. 연속적으로 최대용량으로 자숙할 때에도 처리수의 온도를 90-95℃로 일정히 유지하고 처리시간도 약 15-20초 정도를 유지하여야 한다.

→ 보일러 물순환장치, 자동온도조절장치

→ 미역 이송롤러장치

10. 자숙기 운전시의 안전성 확보

가. 버너에 자동 점화장치(ignitor)를 설치하여 점화불량에 의한 역화현상을 예방할 수 있다.

나. 역화발생시 고압의 개스가 버너전면으로 튀어 나오지 않도록 furnace 후부에 직경 200mm 역화방지구를 설치하였다.

사. 미역이송롤러를 설치하여 자숙기 상부에서 작업하는 인부수를 최소화하고 자동화하여 고온의 처리수에 의한 화상위험을 줄였다.

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

1. 관련기술의 보급

목포해양대학교 연구팀과 목포해양수산청 완도수산기술 관리소 팀 합동으로 연관식 자숙기의 생산자 및 미역처리업자의 생산, 운전세미나 개최하여 관련 기술을 보급한다.

2. 기술지도

연구팀은 자숙기의 생산과 운전에 관련된 애로사항에 대한 기술지도를 실시하여 기술력향상에 기여한다.

3. 산업재산권의 확보

연구팀과 참여기업은 간련기술의 꾸준한 연구를 통하여 산업재산권의 확보에 힘쓴다.

4. 기타 해수용 장비에 응용

해수에서도 안정적으로 작동할 수 있는 자동화 부속기기를 개발하여 기타 해수 중에서 처리하는 장비들에도 응용시킨다.

제 6 장 연구관련 부록

부록 1. 미역가공협회 간담회 (1차)

1. 회의목적

해조류의 맛과 질이 결정되는 자숙 공정의 효율성 향상을 위한 문제점 및 개선방안 토의

2. 간담회 추진사항

가. 회의 일시 : 2001. 2. 28

나. 장 소 : 미역가공협회

다. 참석인원

| 구분 | 계 | 관리소 | 가공협회 | 가내공업 | 양+식어업인 |
|----|----|-----|------|------|--------|
| 명 | 20 | 4 | 10 | 3 | 3 |

3. 일반 현황

가. 시설 및 생산 동향(2001년산)

| 양식어가 (호) | 어업권 | | 시설량(대) | 생산목 (톤) | 생산량 (톤) | 비고 |
|-------------|-------|--------|--------|------------|------------|----|
| | 건수 | 면적(ha) | | | | |
| 2,468 | 5,330 | | 74,296 | 94,252 | 85,770 | |

나. 염장 미역 제조법

채취 → 선별 → 자숙 → 냉각 → 물기빼기 → 소금투입 → 염장 → 탈수 → 줄기제거 → 제품

다. 세부 가공 공정

1) 선 별 : 양질의 미역을 채취시 줄기 및 끝녹음 부분을 제거후 빠른 시간 (3~5시간)내에 자숙공정에 들어감

2) 자 숙

o 자숙솥의 수온을 90°C 이상으로 하여 원초를 투입하여 80°C 이하가 되지 않도록 주의하여야 한다.

- o 원초에 열이 균일하게 전해지도록 충분히 교반한다.
 - o 자숙 시간은 30~60초 이내로 원초의 대소에 따라서 삶는 시간을 조정하며, 용수는 해수로 한다.
 - o 자숙 용수의 뜬 거품은 부지런히 퍼낸다.
- 3) 냉각 : 더운물에 삶은 후 될 수 있는 한 빨리 냉각하여 되도록 충분히 교반한다.
 - 4) 물기 빼기 : 냉각한 미역에 가벼운 압력을 가하여 물기를 제거한다.
 - 5) 소금 투입 : 원초량의 40%정도의 분쇄염을 얼룩이 없도록 충분히 소금 투입한다.
 - 6) 염장 : 소금을 투입한 미역을 용기에 옮겨 15시간이상 염장
 - 7) 탈수 : 염장시 침출액으로 소금 입자를 씻어낸 후 알맞은 수분이 될 때 까지 압력을 가하여 탈수
 - 8) 즐기 제거 : 미역 즐기가 완전히 제거하면서 선별.
 - 9) 제품 : 즐기를 제거한 미역을 냉동고에 -5 ~ -15°C 정도로 보관

라. 세부 가공 공정 유의점

1) 자숙의 목적

- o 미역의 자가소화 효소의 작용을 멈춤으로 장기간 보존케 함.
- o 장기간 보존을 위해 삶는 시간을 길게 하면 좋지만 색소의 파괴량이 많아져 색조가 나쁘게 되어 상품 가치 하락.
 - 자숙 시간 : 보존을 목적은 긴 쪽이 좋고, 색조 관점에서는 짧은 쪽이 좋음(80 . C 이상의 온도로 30~60초)

2) 자숙 용수

- o 녹색 야채를 선택 양호하게 데치기 위해서는 2%의 식염을 가하지만 미역은 짠맛이 들어가도 문제가 없기 때문에 3.5%의 해수를 자숙용수로 사용.
 - 담수로 더운물에 삶으면 색소 파괴량이 많아져 녹색이 엷게 됨.

※. 용수의 교환

미역에는 여러 산성 성분이 포함되어 있어 미역의 클로로필 성분을 파괴 하염 선택을 불량하게 함. 따라서 미역 자숙시에 산성 성분이 용수에 축적되어 용수를 교환해 주어야 하며, 산성 성분은 일부 수증기와 함께 증발됨으로 두껍을 덮어서는 안되며 거품을 수시로 제거하여 산성 성분(휘발산)이 증발하기 쉽게 하여야 한다.

3) 냉각

- 자숙 후의 미역은 될 수 있는 한 빨리 짧은 시간에 내에 냉각수의 온도까지 식혀야 한다.
- 냉각 시간이 길어지면 가열은 계속하고 있는 것과 같은 상태가 되어 과속 상태로 됨으로 충분한 냉각수로 잘 교반하여 냉각시간을 단축시켜야 한다.

4) 원초 취급

- 채취한 원초는 조속히 처리해야 함
 - 직사광선에 노출되지 않도록 할 것
 - 담수를 맞히지 않도록
 - 온도를 높이지 말 것
 - 미역이 살아 있다는 것을 잊지 말 것

4. 자숙기 종류

가. 연관식 보일러식

자숙기와 보일러가 일체로 되어 연소가스가 통과하는 연관으로 해수를 가열하는 방식.

나. 증기관 가열 방식

자숙기와 별도로 설치된 보일러에서 증기로 자숙기의 해수를 가열하는 방식.

5. 어업인 요구사항(해조류 가공의 발전 방향)

- 자숙공정처리시 대처내는 시간단축
 - (현행) 30~40초 ⇒ (개선) 10~20초
- 열효율의 증대와 환경공해예방 문제 해결
- 기계설비의 저렴한 가격 유지와 운영비 절감한 기계 개발
- 해조류 통조림 제품 개발
- 미역 줄기와 엽체 분리 기계 개발
 - 미역의 선별시 인건비 비중이 매우 높으므로 정밀하게 선별할 수 있는 기계 개발 요구
- 미역줄기를 세로로 얇게 자른 수 있는 기계

- 미역 포자 은행 신설
 - 제품의 향상을 도모할 수 있는 지역 특산품종의 지속적 개발 보급
- 해조류의 제품별로 상품화하기 위해서는 믹서를 할 때 정밀하게 분쇄 할 수 있도록 분쇄기 개발 보급

부록 2. 미역가공협회 간담회 자료(2차)

1. 회의 목적

- 해조류의 맛과 질이 결정되는 자숙 공정의 효율성 향상 도모
- 개량형 자숙기 개발을 통한 원가 절감

2. 간담회 추진 사항

- 가. 회의 일시 : 2001. 11. 30
- 나. 장 소 : 미역가공협회 사무실
- 다. 참석 인원
 - 직원 : 소장의 2명, 가공협회회원 이종택외 8명

3. 미역양식 시설 및 생산 동향

| 구 분 | 양식어가 (호) | 어업권 | | 시설량(대) | 생산목표 (톤) | 생산량 (톤) |
|--------|-------------|-----|------------|--------|-------------|----------------|
| | | 건수 | 면적 (ha) | | | |
| 2001년산 | 2,468 | 221 | 5,330 | 74,296 | 94,252 | 85,770 |
| 2002년산 | 2,648 | 221 | 5,982 | 70,100 | 89,723 | 90,000 (예상) |

- 시설면적은 12% 증가하고, 시설량은 6% 감소(13대/ha→ 11대/ha)
- 밀식과 한파로 인한 끝녹음 현상 가속화로 미역 품질이 저하로 금년은 고품질의 미역을 생산하고자 미역 시설량은 감소하여 시설.
- 생미역 출하용 미역은 10월 중순에 시설완료하고 현재는 만기산 염장용 미역 시설 중에 있음

○ 시설 초기 고수온의 영향으로 일부 업체 탈락

○ 작황 적망

- 고수온의 영향으로 일부 종묘가 탈락하였으나, 시설량 감소로 미역 생육에 적합한 환경요건으로 미역 품질이 향상될 것으로 예상

4. 미역 가공 공정

가. 공정 과정

선 별 → 자 숙 → 냉각 → 물기빼기 → 소금투입 → 염장 → 탈수 → 줄기제거 → 제품

나. 자숙의 목적

- 미역의 자가소화 효소의 작용을 멈춤으로 장기간 보존케 함.
- 장기간 보존을 위해 삶는 시간을 길게 하면 좋지만 새소의 파괴량이 많아져 색조가 나쁘게 되어 상품가치 하락.

※자숙 시간 : 보존을 목적은 긴 쪽이 좋고, 색조 관점에서는 짧은 쪽이 좋음.

(80. C 이상의 온도로 30 ~ 60초)

다. 자숙 용수

- 녹색 야채를 선택 양호하게 데치기 위해서는 2%의 식염을 가하지만, 미역은 짠맛이 들어가도 문제가 없기 때문에 3.5%의 해수를 자숙 용수로 사용.

- 담수로 더운물에 삶으면 색소 파괴량이 많아져 녹색이 옅게 됨.

- 용수의 교환

→ 미역에는 여러 산성 성분이 포함되어 있어 미역의 클로로필 성분을 파괴하여 선택을 불량하게함. 따라서 미역 자숙시에 산성 성분이 용수에 축적되어 용수를 교환해 주어야 하며, 산성 성분은 일부 수증기와 함께 증발됨으로 두껍을 덮어서는 안되며 거품을 수시로 제거하여 산성 성분(휘발산)이 증발하기 쉽게 하여야 함.

라. 냉각

- 자숙 후의 미역은 될 수 있는 한 빨리 짧은 시간에 내에 냉각수의 온도까지 식혀야 함.

- 냉각 시간이 길어지면 가열은 계속하고 있는 것과 같은 상태가 되어 과숙 상태로 됨으로 충분한 냉각수로 잘 교반하여 냉각시간을 단축시켜야 함.

마. 원초 취급

- 미역이 살아 있다는 것을 잊지 말 것

- 담수를 맞히지 않도록

- 직사광선에 노출되지 않도록 할 것

5. 자숙기

가. 보일러의 종류

o 연관식 보일러식

- 자숙기와 보일러가 일체로 되어 연소가스가 통과하는 연관으로 해수를 가열.

o 증기관 가열 방식

- 자숙기와 별도로 설치된 보일러에서 증기로 자숙기의 해수를 가열.

나. 자숙기 개발시 가공업자 요구사항

- 자숙기 생산원가 절감
- 자숙기의 열효율을 높여 연료 절감 효과
- 자숙 처리 과정의 자동화
- 작업 중 사고 예방을 위한 안전장치

6. 해조류 가공의 발전을 위한 요구사항

o 해조류 통조림 제품 개발

o 미역 줄기와 엽체 분리 기계 개발

- 미역 선별시 인건비 비중이 높음으로 엽체와 줄기를 정밀하게 선별 할수 있는 기계 필요

o 미역줄기를 세로로 얇게 자른수 있는 기계

- 미역 씹는 맛을 가미하여 제품의 다양화

o 미역 포자 은행 신설

- 지역 특산 품종으로 지속적 개발

o 해조류 분쇄기 개발

- 해조류의 제품을 상품화 하기 위해서는 파두다로 만들 수 있는 분쇄기 개발
요구

부록 3. 자숙기(보일러부와 자숙부) 본체의 재료선정

자숙기 본체의 재료는 저렴한 가격과 해수와의 부식을 고려하여 강판(Steel , Fe 99%이상 + C 0.8%이내)을 사용하였다.

참고로 해수부식용 재료에 대하여 종합적으로 고찰하면 다음과 같다.

(1) 해수용 합금 선택시 고려사항

해수용 합금 선택시 다음의 특성을 가지는 것이 바람직하다.

- 1) 우수한 부동태
- 2) 고강도
- 3) 높은 탄성계수
- 4) 내 수소취성
- 5) 높은 열전도도
- 6) 저렴한 가격

(2) 해수용 기자재 재료의 종류

1) Inhibited Admiralty (ASTM B111 Alloy NO. 443, 444, 445, 70-73% Cu, about 28% Zn, 0.9 - 1.2 % Sn, 0.02-0.10% Inhibitor As, An, or P, max. 0.01% lead, max 0.06% Fe)

비교적 저가이며 약간 오염된 담수와 해수에 대해 좋은 내부식성을 가진다. 억제제는 탈아연에 대한 저항성을 증가시킨다. 부식억제제없이 사용하는 것은 동일 조건 하에서 사용하여 좋은 결과를 나타낸 실적이 있는 경우에만 허용된다. 고온의 약산성, 냉각수에서는 As 함유 admiralty 보다는 phosphorized admiralty가 선호된다.

Admiralty tube와 tube와 tubesheet cladding은 난류나 유속이 5-6 ft/sec를 초과할 때 Erosion-Corrosion을 당하기 쉬우며 390. F(199.) 이상에서는 사용될 수 없다.

2) Aluminum Brass (ASTM B111 Alloy No. 687; 76.0-79.0 Cu, 18-22% Zn, 1.8-2.5% Al, 0.2% As, max 0.07% Pb, 0.06% Fe)

Al 황동의 내부식성은 Admiralty와 비슷하다. 황동에 Al 첨가하여 비교적 빠른 유속에 의한 침식 뿐만 아니라 재료의 해수 부식에 대한 저항성을 증가시키는 자기 회복성 보호 Film을 만든다. 이 재료는 보통 turbulence와 Air-bubble Attack에 저항력이 있는 것으로 알려져 있다. 해수에 모래가 함유되어 있거나 H₂S에 오염되어 있는 경우를 제외하곤 내해수용 재료로 널리 사용되고 있다.

유속은 3-7ft/sec 이내 이어야 하고 4-6ft/sec이 최적이다.

보통 tube sheet 용 Al 황동 plate 재료는 구매가 용이하지 않다.

3) Aluminum Bronze (ASTM B111 Alloy NO. 628 Alloy E)

이 재료는 Al 황동보다 우수한 기계적 성질을 가지고 있으며 Al 황동 tube를 사용하는 경우에 tube sheet clad 용 plate로 수급이 용이한 편이다. Al-황동과 Al-청동간의 전위차에 의한 galvanic 부식은 심하지 않기 때문이다.

Al-황동 tube와 함께 사용될 수 있는 tube sheet의 다른 재질은 muntz 금속이나 Naval 압연 황동을 들 수 있다.

4) Copper - Nickel 90-10 (ASYM B111 Alloy No, 706 ; min 86.5%Cu, 9.0-11.0%Ni, 1.0-1.8%Fe, max 1.0%Zn, 1.0%Mn, 0.05%Pb)

Al-황동 tube보다 비싸지만 이 재질로 만든 tube와 tube sheet는 종종 해수나 염수에는 우수하고 특히 고온 및 빠른 유속 분위기에서는 더욱 우수하다.

이 합금은 매우 우수한 내 Corrosion-Erosion성질을 갖는다. 이 합금 tube로 된 열교환기는 SCC와 air-impingement attack에 대해 H₂S에 대한 내 저항성은 70-30 Cu-Ni보다 일반적으로 우수하다.

오염수에 사용하는 것은 과거의 경험 또는 광범위한 부식 시험을 통하여 신중히 검토되어야 한다. 유속은 6-12ft/sec이어야 하며 7-gft/sec은 최적이다.

5) Copper-Nickel 70-30(ASTM B111 Alloy No. 715 ; min 65%Cu, 29.0-33%Ni, 0.40-0.7%Fe, max. 1.0%Zn, max. 1.0%Mn, max. 0.05%Pb)

이 합금의 특성은 Copper-Nickel 90-10과 비슷하다. 대부분의 경우 Corrosion-Erosion, 빠른 유속, 고온 환경에서 우수한 저항성을 갖는다.

Copper-Nickel tube는 보통 SCC나 air-impingement에 의해 파손되지 않는다. 중대한 한계는 황과 황화합물이 포함된 우체에서는 부식을 야기시킨다. 권장하는 유속은 90-10 Copper-Nickel과 비슷하거나 조금 높다.

6) Copper-Nickel 80-20(ASTM B111, Alloy No.710)

이 합금의 내부식성 특성은 70-30 cupronickel보다 다소간 낮다. 부식환경이 70-30% 사용을 정의할 수 없을 때 사용될 수 있다. 그러나 이 재료는 우수한 70-30%과 조금 짙 90-10 cupronickel의 중간 정도 선택사양이므로 그다지 잘 사용되지 않는다.

7) Monel Metal

이것은 해수용으로 매우 만족스러운 재질이다. 그러나 매우 비싸기 때문에 이 재질로 선택시 선정이유가 분명해야 한다.

8) Hastelloy C and Titanium

Hastelloy C(또는 Titanium)은 해수나 오염수에 가장 우수한 저항력을 갖는 재료이다. 매우 고가이므로 다른 재질로서는 cover할 수 없이 발생된 것으로 알려져 있다.

9) Bonded Metal

부식 조건이 안과 밖이 다른 상황일 때 Bimetallic tube를 사용한다.

예를 들어 tube안쪽의 매질은 약간 오염된 해수이고 tube 바깥은 비 부식성은 방향

족 hydrocarbon의 조건일 때 Al 황동 / 탄소강 tube를 사용한 경우도 있다. 요구되는 process의 조건에 따라서 다른 많은 Bimetallic tube가 사용된다.

10) 고성능 오스테나이트계 스테인레스강 (Super Stainless Steel)이 강은 “Pitting 부식과 염화물 분위기에서 응력부식균열에 월등한 저항성을 가진 스테인레스강”으로 정의할 수 있다. 기존의 오스테나이트계 상품들(e.g.304와 316)은 Pitting저항성이 약하고 염화물 분위기에서 SCC 등이 문제되었다. 특히 SCC는 인장응력과 부식매체의 결합된 작용에 의해서 야기된다. 사실상 모든 재료는 응력과 부식 환경의 특정한 조건하에서 SCC가 일어날 수 있다.

이러한 문제들 때문에 기존의 오스테나이트계 상품들(e.g. 304와 316)을 해수용으로 사용되는데는 많은 제약이 따랐고 이에 고성능 스테인레스강의 개발이 필요 불가결하였다.

Pitting 부식에 대한 저항성은 Cr이나 Mo을 첨가하여 개선시킬 수 있다고 알려져 있다. 최근에 많은 연구자들의 보고에 따르면 질소가 pitting 대한 저항성을 개선시킬 수 있다고 한다.

Eckenrod 등은 18Cr-8Ni강에 0.25%까지 질소를 증가시키면 보다 낮은 임계와 부동태 전류, 더욱 넓어지는 부동태 영역, 더 높은 Pitting 전위로 특징지어지는 내식성이 개선된다고 보고 하였다. 전체적인 오스테나이트계 스테인레스강에 질소 첨가의 결과 첨가된 질소%당 0.31 V의 속도로 Pitting 저항성이 향상 되었다. Park은 질소 함유 스테인레스 제품을 Ti과 Hastelloys 그리고 Inconel 625와 그 성능을 비교한 후, 스테인레스 제품이 50. C-(0.5N HCl + 1N NaCl)에서 Ti과 Ni 기지 합금과 동일한 성능을 지닌다고 보고하였다. 다시 말해서, 이들 모든 합금이 1.150 VH 전위까지 scanning 할 때 어떠한 break dawn도 나타내지 않았다.

N의 첨가로 비등 MgCl₂ 용액내의 SCC에 대한 저항도 또한 개선 되었다. 그림 5-10 이들의 월등한 내식성은 표면에 쌍극 부동태 피막을 형성시킬 때의 Mo과 N의 상승작용에 기인한 것이다.

여기서 논의를 더 전개하기 전에 “초 내식성”을 명확히 하는 것이 좋겠다. “초 내식성”은 pitting과 틈부식에 대한 내식성의 지수공식에 의해 정량화된다. 내식성에 대해서는 2가지의 지수공식이 있다. 그 중 하나는 P.R.E.(Pitting Resistance Equivalent)가 $\%Cr + 3.3\% Mo + 30\%N$ (Eq. 1)과 같다는 것이고, 또 하나는 최근에 공식화 되었는데, N의 역할을 더욱 강조하여 P.R.E 지수는 $\%Cr + 3.3\%M + 70\%N$ (Eq. 2)와 같다고 하였다. 40 이상의 P.R.E 지수를 가지는 스테인레스강 제품이 해수 부식에 대해 초내식성을 가질 것으로 보인다는 이론이 이 분야 엔지니어들의 공통 견해이다. 따라서 고성능 스테인레스강을 P.R.E가 40 이상인 강으로 정의할 수 있겠다. 위의 두 공식에 따라 2가지 오스테나이트계 제품이 계산 되었고 표

1 에 그 결과를 나타냈다. 표 1 의 수치는 2개의 스테인레스강의 제품이 고성능 스테인레스강으로 분류될 수 있음을 보이고 있다.

표 1 고성능 스테인레스 강의 P.R.E.

254SMO (S31254) : 46.5 for Eq.1/ 54 for Eq.2

SR-50A (S32050) : 49.3 for Eq.1/ 59.3 for Eq.2

현재 SR-50A (S32050)& 254 SMO (S31254)으로 된 3천 5백만 피트의 튜브들이 아무런 하자도 없이 그 성능을 발휘하고 있다. 일본 Kawasaki 철강회사의 보고에 따르면 오스테나이트계 스테인레스강(22%Cr-17%Ni-4.5%MO-0.3%N)이 발전소 콘덴서 튜브로 공급되어 수 년 동안 현장 시험에서 성공적인 성능을 발휘했다고 하였다. 최근 2개의 다른 유럽 스테인레스강 제조회사도 Pitting과 틈부식에 대해 뛰어난 저항성을 가진 오스테나이트계 고성능강을 개발 했다고 발표하였다.

결론적으로 질소 함유 오스테나이트계 스테인레스강이 해수 냉각 열교환기용 재료로 가장 적절하다고 할 수 있겠다. 사실 질소 함유 스테인레스강 제품이 스테인레스강 역사에서 새로운 시대를 열어 놓았다. 이 제품은 월등한 내식성 뿐만 아니라 뛰어난 기계적 성질(저온 거동을 포함한)도 갖는다. 이 제품이 머지 않아 광범위한 분야에서 그 성능을 발휘할 것으로 기대된다.

11) Coated Exchangers

최근 비교적 값이 싼 epoxy나 페놀 coating 처리된 탄소강과 합금강으로 제작된 열교환기가 점차 주목을 끌고 있다.

a. coating의 주요 장점

가. 값이 싸다

나. 오염된 해수와 산성수에 우수한 내식성 발휘

b. coating의 제한 사항

가. 기계적인 충격에 쉽게 상하기 쉽다.

나. 사용온도 한계는 212-320 . F 이상 온도에서 coating 은 신중히 고려되어야 한다.

c. 추천 사양

가. 해수와 염수분위기에 시공 재질을 선정할 때 coating된 열교환기는 고려되어야

한다.

나. 해수 또는 염수는 tube side로 한다.

그러나 만일 process 유체가 합금 tube 안쪽을 흐른다면 염수냉각수는 shell쪽에 있어야 하고 tube bundle은 shell coating 검사를 위해 제거할 수 있어야 한다. Bundle을 넣고 뺄 때 shell coating에 손상이 가지 않도록 열교환기에 slide를 설치해야 한다.

부식 여유를 주어서 coating이 손상되는 경우에도 shell수명을 연장 시킬수 있어야 한다. 1/8-3/16 in 두께의 고무 lining은 coating보다는 쉽게 상하지 않기 때문에 shell side쪽에 tube bundle coating은 안된다

다. coated 열교환기 설계시에는 날카로운 모서리, 용접 crack, crevice 등을 피해야 하면 모든 용접부는 smooth Grindign 한다.

라. Baked coating 은 self-curing보다 우수하지만 self-curing type이 channel side에서는 만족스러운 효과를 가진다. self-curing type은 접근 가능한 표면이 손상되었거나 침식된 경우 보수용으로 또한 사용될 수 있다. Baked coating 은 최근 두께가 150-250 마이크론 정도가 적당하다. 기화 상태의 유체와 176 。 F(80. C) 이상 온도에서는 steam-diffusion type coating이 적용되어야 한다.

제 7 장 참고문헌

1. 熱交換器 設計 Hand Book, 尾花英朗, 工學圖書主式會社版, 1979
2. Heat Transfer, Frank Kreith and William Z. Black, 보성각, 1997
3. 유체역학, 조용철외 2인, 청문각, 1998
4. 전자계측기 연감, YOKOGAWA, 橫河電機, 1999
5. 實用溫度測定, 佐木正治, 聖Energy Center, 1997
6. 傳熱學, 西川兼康, 藤田恭伸, 理工學社, 1985
7. Fundamentals of energy engineering, Albert Thumann, P.E. C.E.M., The Fairmont Press, Inc., 1992
8. Combustion theory, Forman A, Williams, Wokingham, U.K. 1989
9. Thermodynamics, J.P. Holman, Kosado printing co., Ltd, 1995
10. Analysis of heat and mass transfer, Robert M. Drake, JR, 연합출판
11. Energy, Combustion and Environment, Norman Chiger, McGraw-Hill book Co., 1995
- 12 Principles of Energy conversion, Archie. W. Culp, Jr, McGraw-Hill book Co., 1996

주 의

1. 이 보고서는 해양수산부에서 시행한 수산특정연구개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 해양수산부에서 시행한 수산특정연구개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안됩니다.